



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LAVRAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**GUILHERME DE CASTRO BARROS
MARLLON ANTÔNIO ALVES
MICHAEL RODRIGUES SILVA**

**PORTFÓLIO ACADÊMICO
A ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE NOS SETORES DE ESTRUTURAS
METÁLICAS, GESTÃO DE FROTAS E MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

**LAVRAS - MG
2024**



**GUILHERME DE CASTRO BARROS
MARLLON ANTÔNIO ALVES
MICHAEL RODRIGUES SILVA**

**PORTFÓLIO ACADÊMICO
ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE NOS SETORES DE ESTRUTURAS
METÁLICAS, GESTÃO DE FROTAS E MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

Portfólio Acadêmico apresentado ao Centro Universitário de Lavras, como parte das exigências da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso, curso de graduação em Engenharia Mecânica.

Orientadora

Prof^a. Dr^a. Isadora Cota Carvalho

LAVRAS - MG

2024

Ficha Catalográfica preparada pelo Setor de Processamento
Técnico da Biblioteca Central do UNILAVRAS

B277e Barros, Guilherme de Castro.
Engenharia de confiabilidade nos setores de estruturas metálicas,
gestão de frotas e manutenção indústria / Guilherme de Castros
Barros, Marllon Antônio Alves, Michael Rodrigues Silva. – Lavras:
Unilavras, 2024.

104f.: il.


Portfólio acadêmico (Graduação em Engenharia Elétrica) –
Unilavras, Lavras, 2024.

Orientador: Prof.^a Isadora Cota Carvalho.

1. Engenharia. 2. Mecânica. I. Alves, Marllon Antônio. II. Silva,
Michael Rodrigues. III. Carvalho, Isadora Cota. (Orient.). IV. Título.

Centro Universitário de Lavras – UNILAVRAS

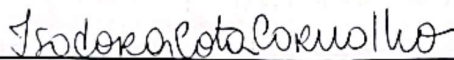
Portfólio intitulado "A ENGENHARIA DE CONFIABILIDADE NOS SETORES DE ESTRUTURAS METÁLICAS, GESTÃO DE FROTAS E MANUTENÇÃO INDUSTRIAL", de autoria dos graduandos Guilherme de Castro Barros, Marllon Antônio Alves, Michael Rodrigues Silva, aprovado pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:



Prof. Ms. Simone Mancini - UNILAVRAS (Convidado)



Prof. Dr. Evandro Pereira da Silva - UNILAVRAS (Presidente da Banca)



Profa. Dr^a Isadora Cota Carvalho – UNILAVRAS (Orientadora)

Aprovado em 23 de novembro de 2024

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos quantos almejam alcançar seu êxito no crescimento profissional, que no anseio e na necessidade lançam suas vidas ao desafio de doutrinar seu corpo, mente e convívio para um estado de foco, esforço, cansaço e desânimo para alcançar o sonho de uma qualificação e a minha amorosa esposa Veridiana, por manter a paciência e a esperança ao longo desse período.

Guilherme de Castro Barros

Dedico este portfólio a meus queridos pais, Terezinha e Leonardo, cuja dedicação e amor incondicional me inspiram todos os dias. Vocês me ensinaram o valor do esforço e da perseverança. À minha irmã, Maênia, por estar sempre ao meu lado, oferecendo apoio e motivação. À minha namorada, Maria Paula, que é minha parceira em todos os momentos, compartilhando comigo tanto os desafios quanto as alegrias. Este projeto é fruto de nosso esforço conjunto, e sou eternamente grato a vocês.

Marllon Antônio Alves

Dedico este trabalho a Deus, pois sem Ele nada seria possível. Aos meus pais e familiares, meus primeiros e mais importantes orientadores na vida. À minha esposa e a minha filha, cuja presença constante e apoio incondicional foram fundamentais; sem vocês ao meu lado, os resultados certamente não seriam os mesmos este projeto é fruto de nosso esforço conjunto, e sou eternamente grato a vocês existir na minha vida

Michael Rodrigues da Silva

AGRADECIMENTOS

A Deus que por sua maravilhosa graça move o ser humano ao desafio, ao aprendizado, a pensar e a planejar para então seguir o seu caminho no universo da vida, por ter movido em mim o senso da necessidade e que na minha primeira oportunidade fui me graduar, a Ele que me deu o recurso, me deu a necessidade, os problemas, as soluções e como bom Pai que é, me ensinou em todos esses momentos, sejam esses momentos aprazíveis ou conflitantes.

Aos professores e amigos que juntos caminhamos rumo a um sonho que não foi sonhado sozinho.

A minha família que sempre esteve lisonjeada por mim, a minha esposa que sempre esteve comigo em todos os momentos, ao meu pai que eu gostaria que estivesse conosco.

Guilherme de Castro Barros

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por guiar minha trajetória e me fortalecer nos momentos difíceis, sempre presente em minha vida. Meu sincero agradecimento a todos os professores do curso, cuja contribuição foi essencial para meu desenvolvimento acadêmico. Um agradecimento especial à Profa. Dra. Isadora Cota Carvalho, minha orientadora, pela dedicação, apoio e orientação sempre clara e gentil. Aos meus familiares, amigos e colegas de curso, sou imensamente grato por ter compartilhado com vocês esta jornada na graduação em Engenharia. Foi um privilégio crescer e aprender ao lado de pessoas tão incríveis.

Marllon Antônio Alves

AGRADECIMENTOS

Quero expressar minha gratidão primeiramente a Deus, pelas sua fidelidade e amor para comigo, obrigado por ter me acompanhado, fortalecido, capacitado e me sustentado em todos os momentos.

A Minha esposa Pamela e minha filha Lais, que foram meu alicerce o meu porto seguro, pessoas que pagaram um alto preço para que este sonho se realizasse, me apoiando em todos os instantes, especialmente nas dificuldades e incertezas e alegria, eu amo muito vocês.

Agradeço também aos meus Pais e toda minha família, especialmente à minha tia Ana Cristina Gurgel, que sempre esteve ao meu lado e acreditou na minha capacidade, me incentivando e celebrando cada uma das minhas conquistas.

Um agradecimento especial a todos meus professores e coordenadores de curso de Engenharia Mecânica, que compartilharam seu conhecimento de forma tão generosa e com muita sabedoria. Vocês não apenas transmitiram conteúdo, mas também inspiraram e motivaram a busca contínua pelo saber e desenvolvimento.

Um agradecimento especial para minha orientadora e amiga Isadora Cota, pelo grande carinho e dedicação ao lecionar, uma pessoa que é capaz de motivar os alunos a acreditar que o conhecimento transforma a vida das pessoas.

A cada um de vocês, meu sincero agradecimento por tornarem esta jornada mais leve e gratificante.

Michael Rodrigues da Silva

LISTA DE IMAGENS

Figura 1 Mapa de irradiação Solar	15
Figura 2- Estrutura fotovoltaica móvel - <i>Tracker</i>	16
Figura 3 - Desalinhamento da estrutura	17
Figura 4 - Desenho do gabarito.....	19
Figura 5 - Indicação da posição dos furos.....	20
Figura 6 - Montagem do gabarito sobre tubo	21
Figura 7 - Registro dimensional.....	22
Figura 8 - Ajuste na emenda	24
Figura 9 - Macrografia, fusão da solda.....	25
Figura 10 - Equipamento de tração	26
Figura 11 - Gráfico Tensão x Deformação	27
Figura 12 - Resultado do teste.	27
Figura 13 - Antes e depois do ajuste na emenda	28
Figura 14 - Ordem de Serviço	31
Figura 15 - Verificação nível de óleo do motor.....	32
Figura 16 - Pneu danificado em decorrência de um buraco encontrado na rodovia. 33	
Figura 17 - Gerenciamento das manutenções	35
Figura 18 - Fornecedores de abastecimentos por região e preço dos combustíveis 37	
Figura 19 - Controle da quantidade de combustíveis consumida pela frota.....	37
Figura 20 - Relatório de desempenho em relação ao abastecimento	38
Figura 21 - Localização dos veículos em tempo real	39
Figura 22 - Indicador excesso de velocidade	40
Figura 23 - Detalhes das emissões tCO ₂ e.	43
Figura 24 - Emissão X Equivalência.....	43
Figura 25 - Evolução da engenharia de confiabilidade 1.....	47
Figura 26 - Setores de atuação da Engenharia de Confiabilidade	51
Figura 27 - Reunião de Confiabilidade	51
Figura 28 - Manutenção Centrada na Confiabilidade	52
Figura 29 - Cálculo de Confiabilidade de equipamentos ou produto	53

Figura 30 - Desenho técnico da lista de peça de montagem do eixo árvore do equipamento.....	56
Figura 31 – Procedimento 37035-11 de montagem do eixo do separador dinâmico	57
Figura 32 - Etapas da montagem dos rolamentos no eixo do equipamento.	58
Figura 33 - Eixo do cubo com rolamento.....	58
Figura 34 - Indicadores de controle preditivo dos equipamentos da indústria cimenteira.....	61
Figura 35 - Gráfico indicando o número de equipamentos que tiveram coleta e análise de vibração ao longo do ano de 2024.	62
Figura 36 - Desenho técnico e dados do exaustor.....	62
Figura 37 - Gráfico de espectro de vibração do exaustor.....	63
Figura 38 - Substituição dos Rolamentos.....	64
Figura 39 - Espectro de Vibração após substituição do rolamento	64
Figura 40 - Marcas de pitch na pista externa do rolamento.	65
Figura 41 - Painel de monitoramento da quantidade de equipamentos	66
Figura 42 - Modelo de análise de óleo de lubrificante com viscosidade de 460 SHC	68
Figura 43 - Diagrama de paradas incidentais e horas paradas.....	72
Figura 44 - Diagrama dos principais motivos de paradas incidentais e correlacionado as horas de paradas.....	72
Figura 45 - Diagrama dos principais equipamentos causadores de paradas incidentais.	73
Figura 46: Cálculo de Tempo médio entre falhas MTBF.	75
Figura 47 - Diagrama de Pareto com média MTBF por setor.....	76
Figura 48 - Diagrama de Pareto com a média mensal MTBF de todas as cadeias...	76
Figura 49 - Cálculo de Tempo médio entre falhas MTTR.....	78
Figura 50 - Diagrama de Pareto com média MTTR por setor.....	78
Figura 51 - Diagrama de Pareto com a média mensal MTBF de todas as cadeias...	78
Figura 52 - Cálculo de Taxa de Falha	81
Figura 53 - Curva da banheira.....	81
Figura 54 - Ciclos das taxas de falha da curva da banheira.....	83
Figura 55 - o painel dos paretos de taxa de falha mecânica, elétrica e operacional .	84

Figura 56 - Paretos de taxa de falha mecânica, elétrica e operacional anual dos setores da empresa.	84
Figura 57 - Cálculo de Fiabilidade.....	86
Figura 58 - Pareto de Fiabilidade Anual 2024 Moagem de Coque.....	86
Figura 59 - Pareto de Fiabilidade Anual 2024	87

LISTA DE SIGLAS

4M	Método, Mão de obra, Material, Máquina
mm	Milímetro
5 <i>Why's</i>	5 porquês
<i>Brainstorming</i>	Tempestade de ideias
5W1H	<i>What, When, Where, Who, Which, How much</i>
ABNT	Associação brasileira de normas técnicas
Abraman	Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos
ANELL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AWS	<i>American Welding Society</i>
<i>Benchmarking</i>	Técnica de pesquisa de mercado que compara desempenho.
BOEING	Refere a um avião de grande porte.
CO ²	Dióxido de carbono
ESG	Environmental, Social and Governance
FLS	F.L.Smith referece a uma empresa de equipamentos.
FMEA	Análise dos modos de falha e seus efeitos.
gE	Unidade de Média Global em envelope em vibrações.
GECEX	Comitê de Gestão da Câmara de Comércio Exterior
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
KPIs	Do ingles <i>Key Performance Indicators</i>
kW	Quilowatt
λ	Letra grega lambda
Microlog Gx SK	Nome do software de análise de vibração
MPa	Mega Pascal
Nm	Newton Metros (unidade de torque)
MTBF <i>Failures.</i>	Tempo Médio entre Falhas, do inglês <i>Mean Time Between</i>
MTTR	Tempo Médio de Reparo, do inglês <i>Mean Time to Repair</i>
MW	Mega watt

NBR	Norma Brasileira Regulamentadora.
Pitch	Destacamento de material
RCM	Do ingles <i>Relability Centred Maintenance</i>
RCM	Do ingles Relability Centred Maintenance.
SHC	Refere a uma série de óleos lubrificantes sintéticos
TAN	Número de Acidez Total
TCO ² e	Toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente

SUMÁRIO

1 Introdução	13
2 Vivências	14
2.1 Vivência do aluno Guilherme de Castro Barros.....	14
2.1.1 Local da vivência - Setor de geração de energia elétrica	14
2.1.2 Usinas Fotovoltaicas	14
2.1.3 Desenvolvimento do Aluno Guilherme de Castro Barros	16
2.1.4 Detecção da falha durante o Processo de Montagem da <i>Tracker</i>	17
2.1.5 Passos iniciais para análise de causas do desalinhamento dos furos.	18
2.1.6 Conclusão da análise de causa do desalinhamento dos furos.....	22
2.1.7 Análise da causa raiz	23
2.1.8 Ação para correção do problema	23
2.1.9 Análise técnica do material.....	24
2.1.10 Análise da solda	25
2.1.11 Ensaio de tração	25
2.1.12 Resultado do teste Tensão x Deformação	26
2.1.13 Resultado	28
2.2 Vivência do aluno Marllon Alves.....	29
2.2.1 Local das Vivências.....	30
2.2.2 Controle de manutenção preventiva e corretiva dos veículos	30
2.2.2.1 Manutenção Preventiva.....	31
2.2.2.2 Manutenção Corretiva	32
2.2.2.3 Benefícios da Manutenção Eficiente	33
2.2.3 Controle de abastecimento de veículos.....	36
2.2.3.1 Importância do Controle de Abastecimento.....	36
2.2.3.2 Softwares Utilizados	36
2.2.4 Controle e monitoramento da utilização de veículos	38
2.2.5 Controle de multas e sinistros	40
2.2.6 Projetos de responsabilidades sociais.....	42
2.2.6.1 Causas Ambientais.....	42
2.2.6.2 Benefícios dos Projetos de Responsabilidade Social.....	43
2.3 Vivência do aluno Michael Rodrigues da Silva	44
2.3.1 Local do estágio	45

2.3.1 Engenharia de Confiabilidade	46
2.3.1.1 Evolução Histórica da Engenharia de Confiabilidade	46
2.3.2.2 Engenharia de Confiabilidade na Indústria.....	48
2.3.2.3. Áreas de atuação da engenharia de confiabilidade na indústria cimenteira.....	50
2.3.2 Confiabilidade na Manutenção Mecânica Industrial	52
2.3.3.1. Confiabilidade na Manutenção Preventiva Mecânica.....	54
2.3.3.2. Confiabilidade na Manutenção Preditiva	59
2.3.3.2 Confiabilidade na Manutenção Detectiva	69
2.3.3 Gestão de Indicadores de performance na engenharia de confiabilidade na indústria.....	70
2.3.3.1. Tipos de Indicadores de performance utilizado na confiabilidade na indústria cimenteira.....	70
2.3.3.2. Tempo Médio entre Falhas e de Reparo	73
2.3.4 Controle de Eficiência e performance de cadeias produtivas, na engenharia de confiabilidade.	79
2.3.4.1. Taxa de Falha	79
2.3.4.2. Fiabilidade	85
3.AUTOAVALIAÇÃO	89
3.1 Autoavaliação do Aluno Guilherme de Castro Barros	89
3.1.1 Desenvolvimento profissional.....	89
3.1.2 Desenvolvimento pessoal.....	89
3.1.3 Perspectivas de formação contínua	89
3.2 Autoavaliação do Aluno Marllon Antônio Alves	90
3.2.1 Desenvolvimento profissional.....	90
3.2.2 Desenvolvimento pessoal.....	90
3.2.3 Perspectivas de formação contínua	90
3.3 Autoavaliação do Aluno Michael Rodrigues da Silva	92
3.3.1 Desenvolvimento profissional.....	92
3.3.2 Desenvolvimento pessoal.....	92
3.3.3 Perspectivas de formação contínua	93
4.Conclusão	93
4.1. Conclusão de Guilherme de Castro Barros	93
4.2. Conclusão de Marllon Antônio Alves	94

4.3. Conclusão de Michael Rodrigues da Silva	94
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	96

1 Introdução

Eu, Guilherme de Castro Barros, pude atuar durante meu período de aprendizagem juntamente com uma equipe especializada no ramo da construção de usinas fotovoltaicas, onde acompanhei o dia a dia dos problemas e soluções dentro do âmbito comercial diversificado que envolve o processo de construção de uma usina fotovoltaica, desde o desenvolvimento de peças junto ao fornecedor até a entrega do site ao cliente.

Eu, Marlon Antônio Alves, graduando em Engenharia Mecânica, estou atuando na área de central de frotas de uma empresa do setor de máquinas e implementos agrícolas. O objetivo deste portfólio é apresentar as experiências adquiridas na gestão de frotas e demonstrar como elas contribuem para o desenvolvimento de habilidades técnicas e gerenciais fundamentais, tais como coordenação de equipes, gestão de recursos e tomada de decisões estratégicas. Além disso, busquei correlacionar essas práticas com as disciplinas estudadas durante meu curso, evidenciando a integração entre a teoria acadêmica e a prática profissional.

Eu, Michael Rodrigues da Silva, graduando em Engenharia Mecânica, realizei o meu aproveitamento profissional, em uma indústria cimenteira na cidade de Ijaci-MG. O objetivo específico deste portfólio é descrever as etapas da minha área de atuação, e a rotina da engenharia de confiabilidade na manutenção industrial. Correlacionando as atividades realizadas durante o decorrer do meu aproveitamento profissional, com as disciplinas ministradas no curso de engenharia mecânica UNILAVRAS.

A relevância das experiências vividas nesse portfólio é de muita importância para nosso desenvolvimento pessoal e profissional, pois nos capacita para poder raciocinar de maneira inovadora em vários setores da engenharia.

2 Vivências

2.1 Vivência do aluno Guilherme de Castro Barros

Eu, Guilherme de Castro Barros relato minha experiência no âmbito da indústria do ramo de geração de energia fotovoltaica. Estive em meio as estratégias, dificuldades, soluções, desafios, decisões em uma empresa que monta e projeta usinas fotovoltaicas. Esse foi um grande diferencial para que eu pudesse colocar em prática o meu conhecimento aprendido em sala de aula.

2.1.1 Local da vivência - Setor de geração de energia elétrica

Tive o prazer de fazer parte de um time de profissionais de uma empresa mineira que atua no ramo comercial de fabricação de usinas, com sede em Belo Horizonte, contando atualmente com três usinas em construção, sendo uma delas em Divinópolis.

2.1.2 Usinas Fotovoltaicas

O Brasil tem experimentado um crescimento significativo nos últimos anos. O país possui um grande potencial para a geração de energia solar devido à sua localização geográfica privilegiada, com alta incidência de radiação solar ao longo do ano. A energia fotovoltaica desempenha um papel importante na diversificação da matriz energética brasileira, contribuindo para a redução da dependência de fontes de energia não renováveis, como o petróleo e o carvão, e para a mitigação dos impactos ambientais associados à geração de eletricidade por meio de hidrelétricas.

Uma usina fotovoltaica é uma instalação que converte energia solar em eletricidade usando células fotovoltaicas. A ANEEL classifica as usinas como micro geração com potência instalada igual ou menor que 75 KW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada conforme resolução normativa (ANEEL Nº 1.059, 2023). Estas usinas são fabricadas com módulos fotovoltaicos com células que são feitas de materiais semicondutores, como silício, que absorvem a luz solar e a convertem diretamente em eletricidade através

do chamado "efeito fotovoltaico". As usinas fotovoltaicas podem variar em escala, desde pequenos sistemas residenciais até grandes fazendas solares que ocupam muitos hectares de terra. Elas são uma fonte de energia renovável e sustentável, uma vez que aproveitam uma fonte de energia inesgotável, o sol e não emitem poluentes durante a geração da eletricidade (<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>). As usinas fotovoltaicas geram eletricidade para comunidades inteiras ou alimentam redes elétricas, desempenhando um papel fundamental na transição para um sistema energético mais limpo e sustentável.

Atualmente, o Brasil conta com diversas usinas fotovoltaicas em operação, tanto em escala comercial quanto em pequenas instalações residenciais. Grandes parques solares especialmente no Nordeste, que possui um dos maiores índices de irradiação solar no mundo (Figura 1). O governo brasileiro tem implementado políticas de incentivo para o desenvolvimento da energia solar, com redução nas alíquotas do Imposto de Importação de equipamentos para implementação da energia solar. Com isso a alíquota para painéis solares reduziu de 12% para 6% (188ª Reunião Ordinária do Comitê-Executivo de Gestão - Gecex). Além disso, houve mais redução de custos com a isenção do ICMS nas operações de equipamentos e componentes para aproveitamento das energias solares e eólicas (ICMS nº 101/1997) o que tem contribuído para tornar a energia fotovoltaica mais acessível.

Figura 1 Mapa de irradiação Solar



2.1.3 Desenvolvimento do Aluno Guilherme de Castro Barros

Existem muitos modelos de módulos solares e de estruturas com a performance ideal para se adaptar ao tipo de terreno e para acompanhar o percurso solar. Na usina que atuei como responsável pela área da qualidade e, posteriormente, como gerente de obras (Site Manager), tive a oportunidade de acompanhar o desenvolvimento de cada componente da estrutura fotovoltaica. O projeto que atuei é uma inovação na área da fotovoltaica porque sua concepção se baseia na captação de luz solar em movimento contínuo (*Tracker*) - que se baseia no rastreamento solar desde o nascer do sol até o final do dia. Isso significa que os módulos solares recebem luz solar em todo período do dia e conseqüentemente melhora a capacidade de gerar energia. O projeto que trabalhei é formado por três tubos dispostos linearmente, conhecidos como tubo central e tubos laterais que são fixados por emendas aparafusadas sobre cinco pilares metálicos formando a estrutura fotovoltaica (Figura 2).

Figura 2- Estrutura fotovoltaica móvel - *Tracker*



Fonte: Própria autoria (2024).

2.1.4 Detecção da falha durante o Processo de Montagem da *Tracker*

Durante o processo de construção do *Tracker*, onde é realizado a montagem dos tubos laterais e centrais sobre os pilares, esses tubos contêm furos de acordo o desenho para serem fixados os módulos solares. Após a montagem dos módulos sobre os tubos foi possível notar visualmente um desalinhamento entre os módulos solares.

O efeito causava um visual contorcido da estrutura, algo que estava fora dos padrões estabelecidos no projeto. A variação foi registrada com ângulo de 18° em um terço da estrutura, ou seja, dos 30 módulos solares instalados, 10 deles apresentavam desalinhamento em relação aos 20. Com relação aos tubos que compunham a estrutura, dois estavam alinhados e um deles estava desalinhado (Figura 3).

Figura 3 - Desalinhamento da estrutura



Fonte: Própria autoria (2024).

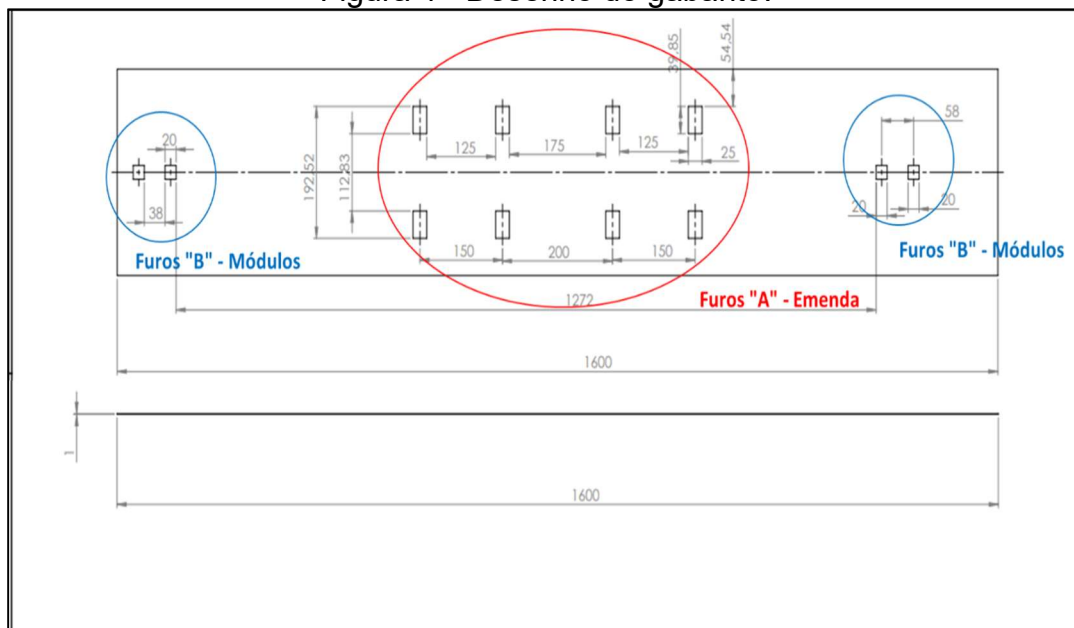
2.1.5 Passos iniciais para análise de causas do desalinhamento dos furos.

Para iniciarmos a análise do problema de desalinhamento dos tubos, utilizei os conteúdos da disciplina de Gestão de Projetos, com o planejamento e ferramentas de análise de causa para iniciarmos o plano de ação e para isso utilizamos uma ferramenta de análise comumente adotada na Gestão da Qualidade que é o *Brainstorming* (chuva de ideias) e abastecemos o diagrama de Ishikawa com os maiores potenciais de falha. Segundo Toledo (2012) o *Brainstorming* é uma técnica que serve de suporte para muitas ferramentas de gestão e que tem a finalidade de gerar ideias em um grupo de pessoas reunidas que buscam uma mesma finalidade. Isso visa potencializar a criatividade das pessoas e que levem essas pessoas a participarem sem temor, censura ou crítica, mas de forma espontânea a sugerir e extrair ideias de suas mentes. Após essa iniciativa selecionamos os pontos de maior relevância para compor o plano de ação. Para realizar a análise o trabalho em três passos, sendo o primeiro uma análise dimensional, o segundo a simulação de montagem e em terceiro a coleta dos dados dimensionais.

Primeiramente fizemos a análise dimensional de cada componente que entendemos ter interface com o problema e chegamos à conclusão de que todos estavam de acordo com o especificado em desenho, apesar do efeito de desalinhamento persistir. Em consulta ao FMEA, conseguimos a informação de que esse modo de falha compromete o aspecto visual e numa condição mais severa pode afetar a montagem e o comportamento da estrutura em condições de vento forte, afeta na performance de captação de energia e até mesmo ocasionar a quebra do módulo solar. Seguimos com o segundo passo que é simular a montagem dos tubos visando a analisar a simetria entre os furos “A” e “B” que apesar de não ser especificado em desenho, entendemos que é fundamental para o alinhamento correto dos tubos, porém, não tínhamos um equipamento capaz de fazer essa aferição em campo, isso devido à complexidade do local e a falta de equipamento específico no mercado para realizar a medição, foi então que conseguimos desenvolver um gabarito

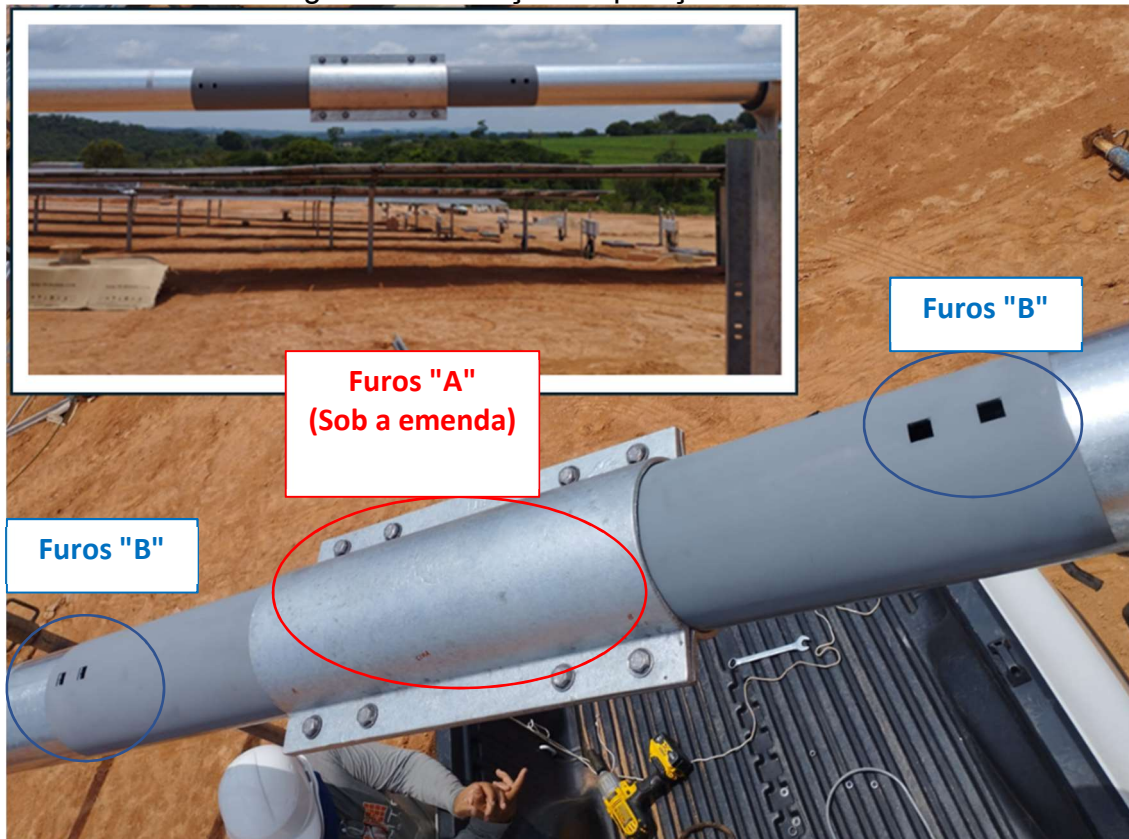
(Figura 4) para verificar a simetria entre os furos “A” e “B”. Esse gabarito foi construído em chapa metálica, cortado em um equipamento de corte a laser para garantir que as dimensões dos furos sejam exatamente conforme especificadas em desenhos de maneira que fosse possível ser montado entre o tubo e a emenda. Solicitamos que fosse realizado o processo de calandragem do gabarito para conformação com o tubo, que possui raio 95,5 mm. A partir das coordenadas indicadas na (Figura 5) montamos o gabarito sobre a união dos tubos para, em seguida, colocamos a emenda de maneira que ela fique sobreposta ao gabarito e o tubo, com o propósito de que ao fixar as emendas por meio dos parafusos, fosse possível avaliar a simetria dos furos “B” em relação ao furo “A” e ainda possibilitar dimensionar a variação em milímetros dos furos.

Figura 4 - Desenho do gabarito.



Fonte: Própria autoria (2024).

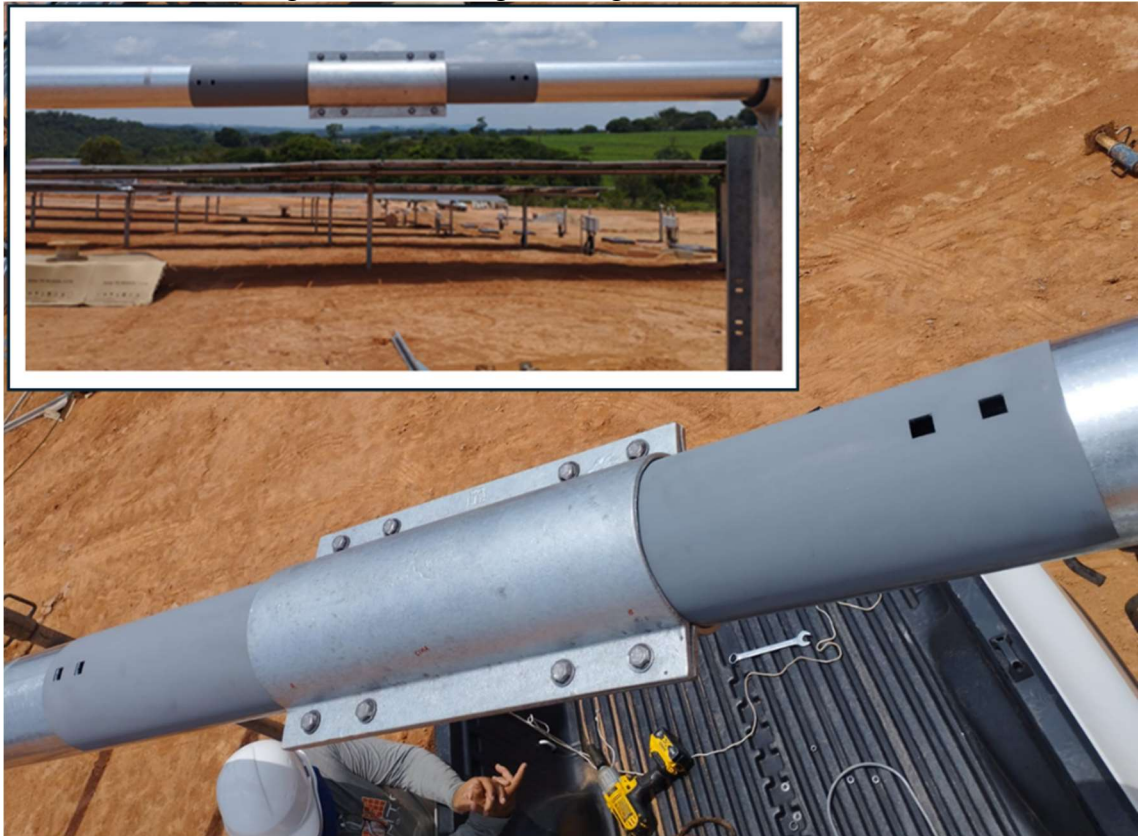
Figura 5 - Indicação da posição dos furos



Fonte: Própria autoria (2024).

Seguimos para o terceiro passo com o gabarito já montado sobre o tubo e conseguimos constatar a variação da simetria, pois como o gabarito é feito em chapa metálica com 1,2mm de espessura, permitiu que se conformasse ao processo de montagem (Figura 6) dos tubos e emenda. Com este recurso conseguimos constatar que o furo "B" está desalinhado em relação ao furo "A", conseguimos registrar a variação em milímetros com a ajuda de um paquímetro (Figura 7). Foi constatado também que esse desalinhamento do furo ocorre para o mesmo sentido, ou seja, durante a construção do *Tracker* o tubo central e um dos tubos das laterais mantém a simetria dos furos, mas quando é montado o tubo na outra lateral os furos ficam sem a simetria fica inversamente proporcional em relação aos outros tubos deixando nítido o desalinhamento dos módulos.

Figura 6 - Montagem do gabarito sobre tubo



Fonte: Própria autoria (2024).

Figura 7 - Registro dimensional



Fonte: Própria autoria. (2024)

2.1.6 Conclusão da análise de causa do desalinhamento dos furos

Embora os furos dos "A" e "B" estejam com a dimensão correta, o alinhamento entre eles estava evidente, sua simetria recíproca não estava explícita no desenho. É importante não só que o desenho contemple os dimensionais dos furos, mas também a simetria entre eles. Sugere-se ainda que esta cota deva estar contemplada no desenho como também assinalada como cota especial para controle estatístico do fornecedor, pois o alinhamento é importante para o aspecto visual e para a performance solar e garantia da estabilidade do *Tracker*.

Para aferição relativa ao sistema de furação do tubo foram utilizados materiais tais quais:

- Escala metálica de 500 mm;
- Gabarito feito de chapa metálica com 09 mm de espessura;

- Paquímetro de 150 mm, resolução 0,01mm;
- Marcador industrial.

2.1.7 Análise da causa raiz

Por meio do Diagrama de Ishikawa que também é conhecida como 4M, é uma ferramenta que visa tratar o problema na sua origem e tem a finalidade de descobrir se a falha é relacionada a método, mão de obra, máquina ou material. Segundo Toledo (2012), diante de um problema a primeira coisa a se fazer é uma análise crítica da não conformidade afim de identificar o real problema, ou seja, tratá-lo na sua origem, na raiz. Para que não seja esquecido é fundamental que seja documentado, nesse caso usamos o diagrama de Ishikawa que ainda segundo Toledo é uma ferramenta de análise que determina vários fatores ou as principais causas que produzem o efeito indesejado e através disso obter conclusões finais para resolver e controlar o problema. Conseguimos constatar que a falha foi ocasionada pelos materiais adquiridos do fornecedor, classificando a falha como método, pois os gabaritos de alinhamento dos furos que são usados no processo de furação dos tubos estavam descalibrados.

2.1.8 Ação para correção do problema

De acordo com todo processo de análise previamente descrito, foi possível afirmar que em média a simetria dos furos está com uma diferença de 2,75 mm. Quando é realizado o processo de montagem dos tubos centrais e laterais, um dos tubos da lateral fica na posição oposta, aumentando a diferença para 5,5 mm. Foi preciso fazer uma correção na estrutura para que absorvesse essa variação, então recorreremos ao projeto do *Tracker* e chegamos na conclusão de que a emenda é uma peça que foi desenvolvida com a possibilidade de realizar ajustes geométricos, a partir disso fizemos os ajustes por meio dela. Fizemos uma amostra corrigida da emenda (Figura 8) que é uma peça fabricada em ferro fundido nodular FE42012 conforme norma NBR 6916 (ABNT, 2017), onde conseguimos analisar a matéria prima do material e realizar testes para correção do problema de desalinhamento dos furos. Realizamos o trabalho em um dos lados do encaixe, onde foi adicionado material com solda com objetivo de absorver a diferença de 5,5mm de diferença no desalinhamento

do tubo. Nesse caso consultamos a norma EN ISO 1071 (2010) para saber qual tipo de eletrodo é aplicável para o tipo de material, que nesse caso é o eletrodo E C Ni CI 1 ISO 1071 (2010) seu equivalente conforme E Ni-CI AWS A5.15 (2010) pelo fato de ser o eletrodo classificado para solda de ferro fundido e sem a necessidade de pré-tratamento térmico da peça para realizar a solda. No mercado nacional encontramos o eletrodo UTP8 com as características compatíveis com as normas citadas.

Figura 8 - Ajuste na emenda



Fonte: Própria autoria (2024).

2.1.9 Análise técnica do material

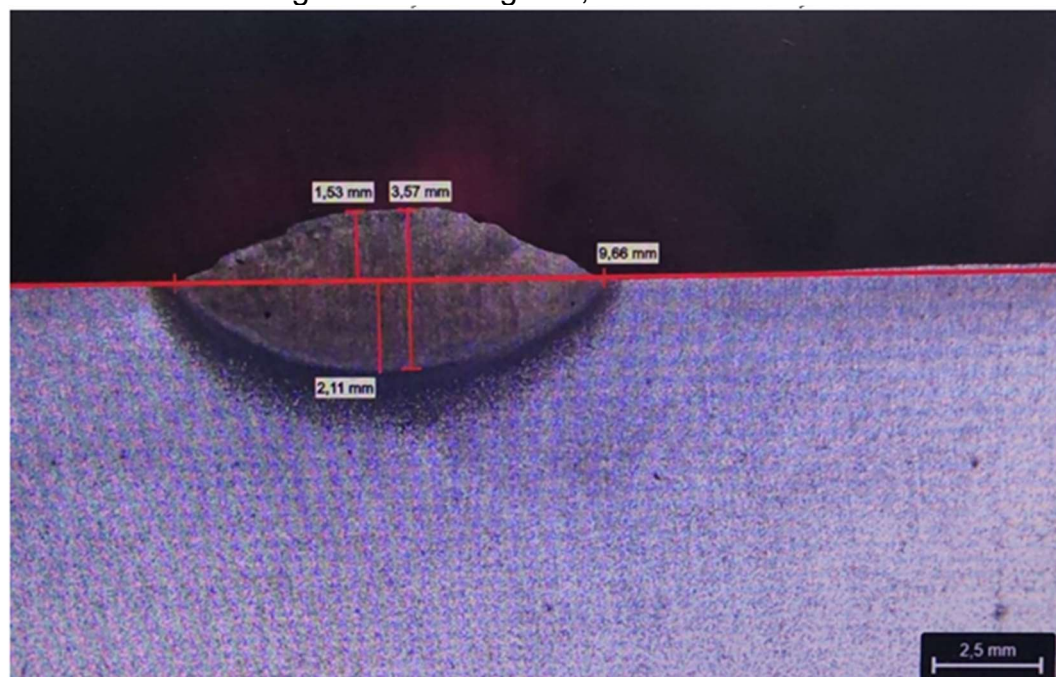
A emenda do tubo foi feita em ferro nodular FE42012, que se refere a uma classe específica de ferro fundido nodular. As principais características do ferro nodular FE42012 se devem a sua composição e microestrutura, que contém nódulos

de grafita. Conforme norma NBR6916 (ABNT, 2017), suas propriedades mecânicas oferecem resistência à tração de 420 MPa, limite de escoamento tipicamente em torno de 250-300 MPa e alongamento com cerca de 12 %, com estrutura metalográfica predominante ferrítica.

2.1.10 Análise da solda

A fim de averiguar a integridade da região soldada com eletrodo UTP 8, foi realizado uma análise macro gráfica onde foi possível ver a penetração da solda de 2,11 mm, 9,66 mm de comprimento e altura total de 3,57 mm. A partir do metal base foi registrado 1,53 mm de altura da solda (Figura 9).

Figura 9 - Macrografia, fusão da solda



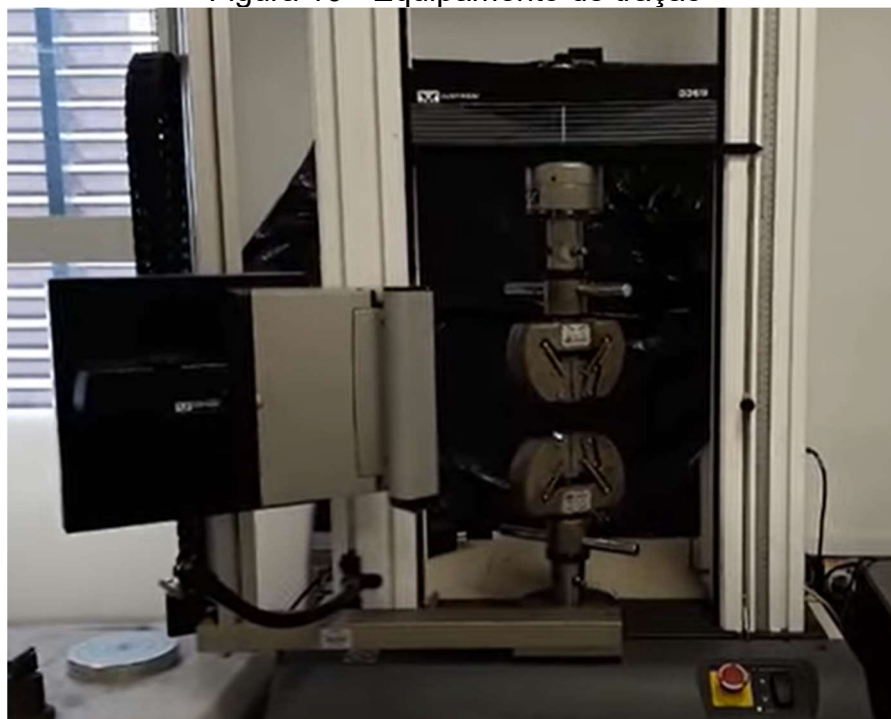
Fonte: Própria autoria. (2024)

2.1.11 Ensaio de tração

Para avaliar o limite de resistência da solda no ferro fundido, foi realizado o ensaio de tração no equipamento de tração (Figura 10). Neste ensaio temos curva de Tensão x Deformação para avaliar o limite de resistência a tração, que é a máxima

resistência na curva Tensão x Deformação (Smith; Hashemi,2012). De acordo com as aulas da disciplina Resistência dos Materiais, pude aprender que a tensão é a força que agem em um corpo e que representam os efeitos resultantes da distribuição de forças que agem sobre a área. A deformação é uma resultante da força aplicada a um corpo e este tende a mudar a sua forma e o tamanho, essas mudanças são denominadas deformações. Conforme Callister (2002) em seu livro Ciência e Engenharia dos Materiais, o ensaio de Tração é comumente realizado a temperatura ambiente, a tensão se refere à força aplicada por unidade de área sobre o material e a deformação é a medida da alteração dimensional (alongamento ou encurtamento) que o material sofre em resposta à tensão aplicada.

Figura 10 - Equipamento de tração



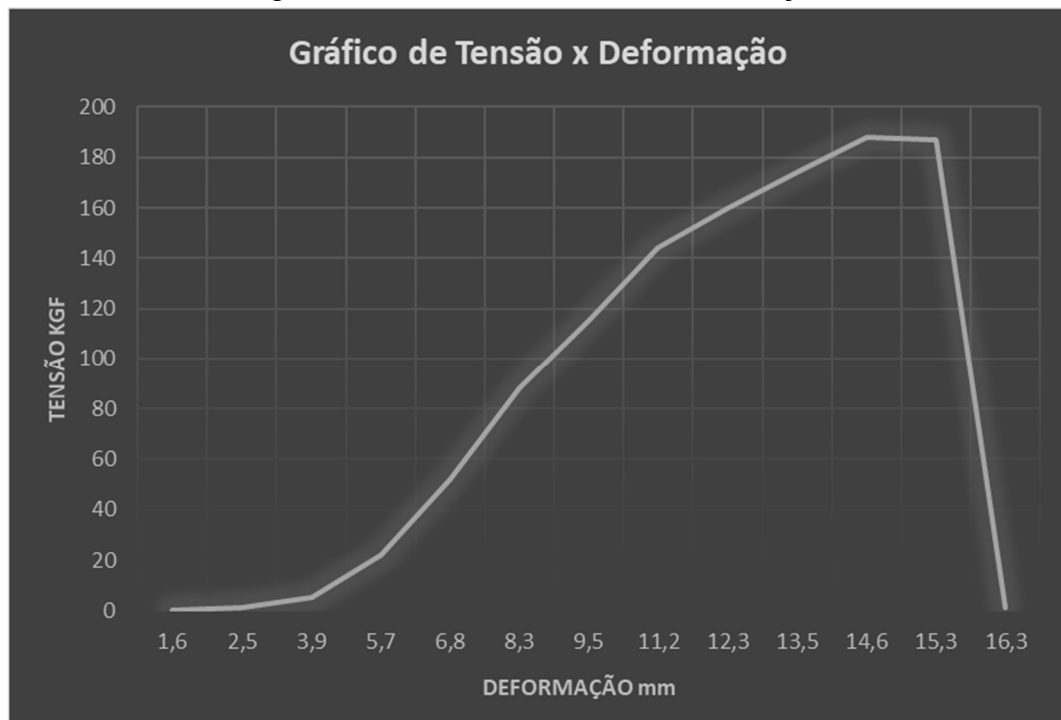
Fonte própria autoria (2024)

2.1.12 Resultado do teste Tensão x Deformação

O teste de Tensão x Deformação apresentou um gráfico (Figura 11) onde foi registrado uma curva progressiva até a fratura com um pico de 188,88 kN (Figura 12).

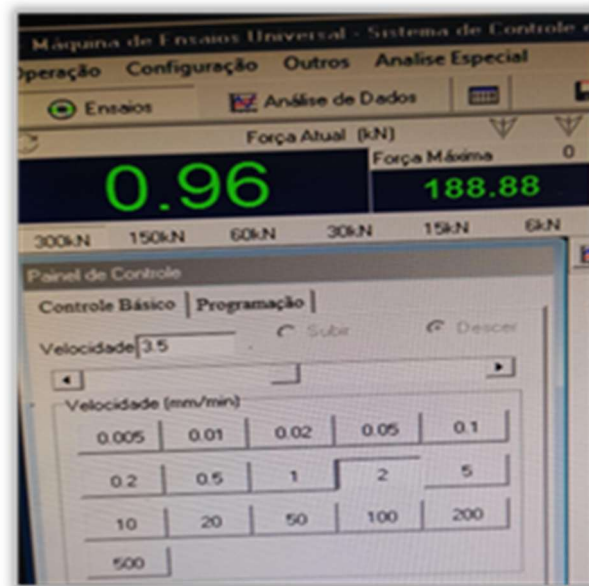
De acordo com o projeto, a carga máxima a ser aplicada sobre o *Tracker* durante o seu funcionamento de rotação do eixo é de no máximo 45kN, ou seja, as mudanças realizadas para solucionar o problema garantem a resistência necessária para o funcionamento e segurança da estrutura.

Figura 11 - Gráfico Tensão x Deformação



Fonte: Própria autoria. (2024)

Figura 12 - Resultado do teste.



Fonte: Própria autoria. (2024)

2.1.13 Resultado

Após aplicação de todo processo de análise da falha conseguimos entender o erro, mensurar as medidas, detectar onde e o porquê que ocorreu a falha e traçar os planos para correção. Conseguimos a viabilidade em encontrar a melhor forma para correção da falha sem que seja muito onerado o projeto e com análise da solução conforme apresentado no ensaio de tração. Fizemos todo processo com base em análises técnicas e metodologias de análise de causa para então podemos ver o resultado aprovado (Figura 13) depois da correção.

Figura 13 - Antes e depois do ajuste na emenda



Fonte: Própria autoria. (2024)

2.2 Vivência do aluno Marllon Alves

Meu nome é Marllon Antônio Alves. Enquanto meus amigos gostavam de jogar bola no campo, eu preferia brincar na oficina.

Tudo que envolvesse automóveis, motores, corridas e máquinas de alto desempenho chamava minha atenção. Vindo de uma família onde metade tinha oficina mecânica ou de funilaria e lanternagem, comecei a trabalhar como auxiliar de mecânico aos 10 anos. Não demorou muito para eu ser promovido a mecânico, cargo que ocupei por 8 anos. Com esse primeiro contato com a mecânica, rapidamente comecei a querer saber como criar peças e ferramentas. Logo, tornar-me engenheiro mecânico se tornou um sonho que em breve será realizado.

Durante a minha graduação, iniciei minha jornada com uma oportunidade de estágio no setor de manutenção de uma empresa de mineração localizada em Lavras – MG, que me proporcionou aplicar meus conhecimentos teóricos na prática. Após algum tempo, recebi um convite para uma oportunidade de crescimento profissional e me transferi para a área de central de frotas de outra empresa, no setor de máquinas e implementos agrícolas, também localizada em Lavras – MG. Essa experiência me proporcionou diversas competências para uma ótima gestão de frotas, envolvendo a administração de veículos diversos, como caminhões, carros de passeio e camionetes, desde a fase inicial de preparação do veículo até seu retorno à garagem.

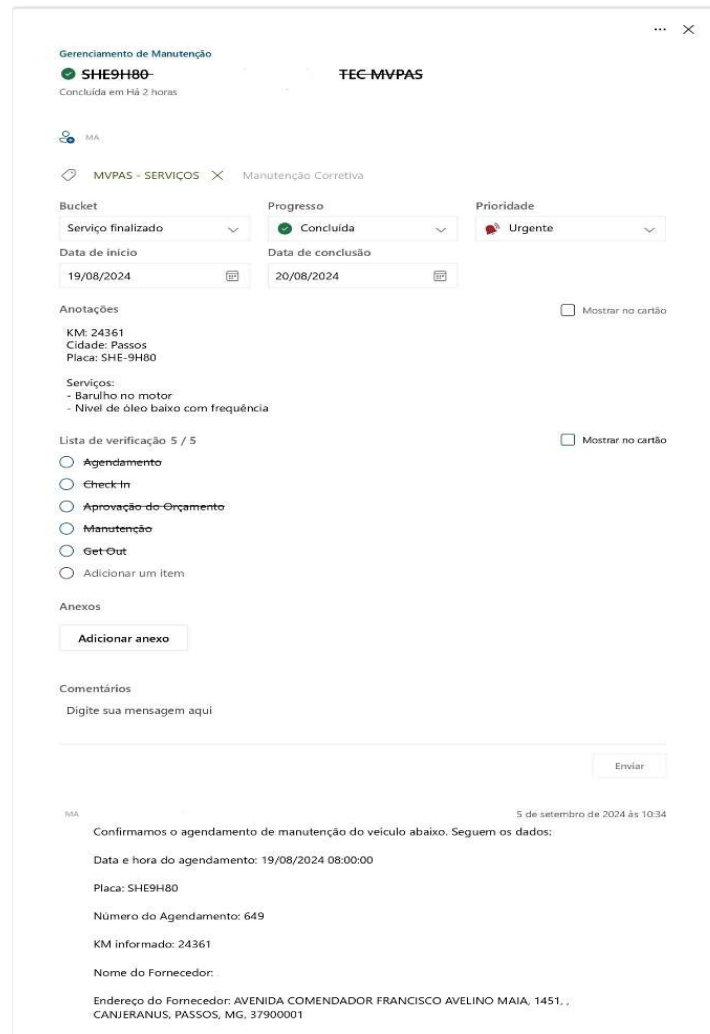
2.2.1 Local das Vivências

Realizei minha vivência prática em uma empresa especializada em soluções integradas para o agronegócio, que atua em 208 municípios e possui 9 filiais estratégicas (Alfenas, Arcos, Boa Esperança, Lavras, Oliveira, Passos, Pouso Alegre, São João del Rei e Três Corações). A empresa adota o conceito de Sistemas Mecanizados, que envolve a seleção apropriada de tratores, plantadeiras, pulverizadores, colhedoras e colheitadeiras. Esta abordagem visa maximizar a confiabilidade e a produtividade dos equipamentos, proporcionando economia e melhores resultados para os clientes. O atendimento pós-venda é realizado tanto nas oficinas quanto no campo, por profissionais capacitados e treinados, assegurando o suporte necessário aos produtores rurais. Para a execução desses serviços, a empresa necessita de uma frota considerável de veículos, o que demanda uma gestão organizada e estratégica. Esses aspectos serão discutidos detalhadamente a seguir.

2.2.2 Controle de manutenção preventiva e corretiva dos veículos

A empresa possui, atualmente, veículos de passeio, camionetes e caminhões. Diante disso, é crucial implementar programas eficazes para garantir que os veículos estejam sempre em condições ótimas de funcionamento. Para isso, é necessário desenvolver planos de manutenção adequados e utilizar sistemas de registro e acompanhamento para monitorar o histórico de manutenção de cada veículo. Além disso, é fundamental colaborar com técnicos especializados para garantir que os procedimentos de manutenção sejam executados de forma precisa e em conformidade com os padrões de segurança estabelecidos. A Figura 14 mostra uma ordem de serviço.

Figura 14 - Ordem de Serviço



Gerenciamento de Manutenção

SHE9H80 **TEC-MVPAS**

Concluída em Há 2 horas

MA

MVPAS - SERVIÇOS X Manutenção Corretiva

Bucket: Serviço finalizado

Progresso: Concluída

Prioridade: Urgente

Data de início: 19/08/2024

Data de conclusão: 20/08/2024

Anotações

KM: 24361
Cidade: Passos
Placa: SHE-9H80

Serviços:
- Barulho no motor
- Nível de óleo baixo com frequência

Lista de verificação 5 / 5

- Agendamento
- Check-In
- Aprovação de Orçamento
- Manutenção
- Get-Out
- Adicionar um Item

Anexos

Adicionar anexo

Comentários

Digite sua mensagem aqui

Enviar

MA

5 de setembro de 2024 às 10:34

Confirmamos o agendamento de manutenção do veículo abaixo. Seguem os dados:

Data e hora do agendamento: 19/08/2024 08:00:00

Placa: SHE9H80

Número do Agendamento: 649

KM informado: 24361

Nome do Fornecedor:

Endereço do Fornecedor: AVENIDA COMENDADOR FRANCISCO AVELINO MAIA, 1451, . CANJERANUS, PASSOS, MG, 37900001

Fonte: Autoria Própria (2024).

A manutenção de veículos pode ser dividida em dois tipos principais: manutenção preventiva e manutenção corretiva, as quais são detalhadas nos tópicos a seguir (Medeiros, 2017).

2.2.2.1 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva envolve a realização regular de inspeções, trocas de óleo e filtros, substituição de peças desgastadas e ajustes conforme o cronograma recomendado pelo fabricante. Esse tipo de manutenção é programado com antecedência, visando evitar falhas e garantir o funcionamento adequado dos veículos. De acordo com a literatura, a manutenção preventiva não só aumenta a segurança dos veículos, mas também contribui para a redução de custos operacionais

a longo prazo, já que a detecção precoce de problemas pode evitar reparos mais caros no futuro (Bowen, 2010; Santos, 2018). A Figura 15 mostra a verificação de nível do óleo do motor.

Figura 15 - Verificação nível de óleo do motor.



Fonte: Autoria Própria (2024).

2.2.2.2 Manutenção Corretiva

Por outro lado, a manutenção corretiva refere-se às intervenções necessárias quando ocorrem falhas ou problemas inesperados nos veículos. Esse tipo de manutenção exige uma resposta rápida e eficiente para minimizar o tempo de inatividade e os impactos operacionais. A falta de um plano corretivo bem estruturado pode resultar em perdas financeiras significativas, além de afetar a eficiência operacional da empresa (Medeiros, 2017). A Figura 16 ilustra um exemplo de

problema inesperado: um pneu danificado em decorrência de um buraco encontrado na rodovia.

Figura 16 - Pneu danificado em decorrência de um buraco encontrado na rodovia.



Fonte: Autoria Própria (2024).

2.2.2.3 Benefícios da Manutenção Eficiente

Implementar um sistema robusto de controle de manutenção pode resultar em uma série de benefícios, incluindo:

- **Aumento da Confiabilidade:** Veículos bem mantidos têm menor probabilidade de falhar durante operações críticas.
- **Prolongamento da Vida Útil dos Veículos:** Manutenções regulares ajudam a preservar a integridade estrutural e funcional dos veículos (Costa, 2019).

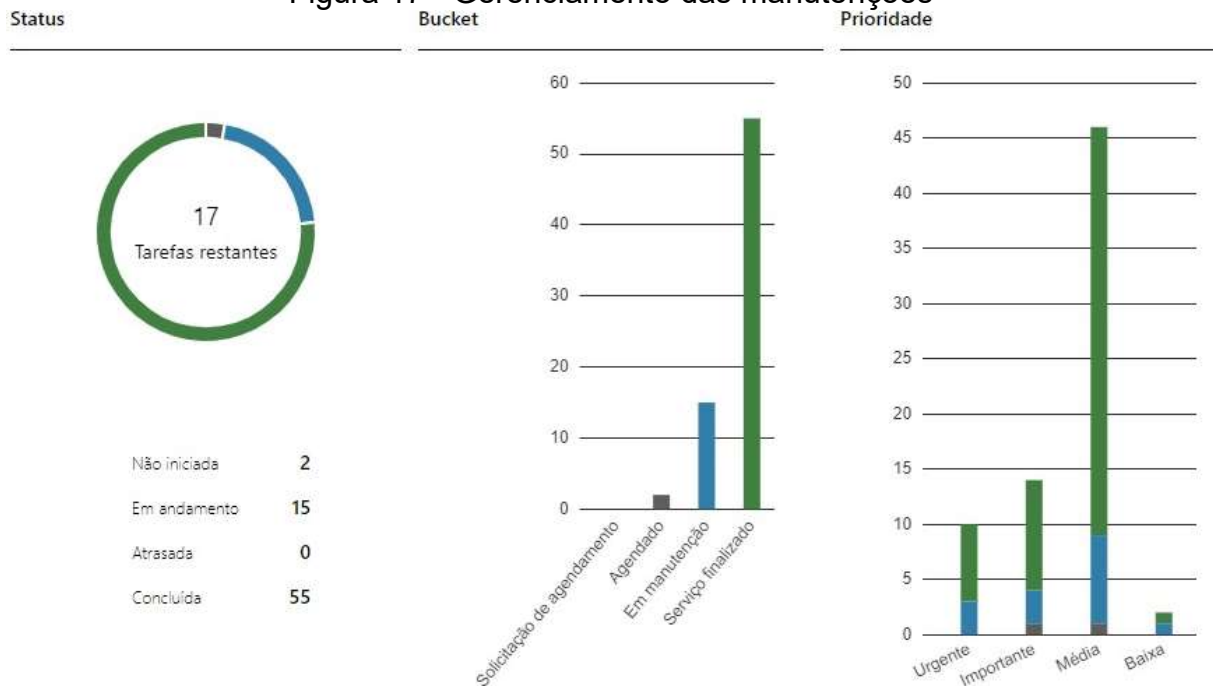
- **Redução de Custos Operacionais:** Ao evitar falhas graves, a empresa pode economizar com reparos emergenciais e custos associados à inatividade dos veículos.

A empresa realiza revisões preventivas a cada 10.000 km, conforme o plano de manutenção preventiva implantado, visando resguardar seus ativos e prolongar a vida útil de toda a frota (Costa, 2019). Essa abordagem permite um controle mais eficaz sobre todos os veículos, uma vez que a equipe de fornecedores de manutenção executa reparos programados de acordo com a quilometragem estabelecida e a demanda específica de cada veículo (Medeiros, 2017).

Ao adotar esse modelo de manutenção preventiva, a empresa consegue reduzir significativamente os gastos totais, evitando problemas maiores que podem exigir intervenções corretivas complexas e dispendiosas (Bowen, 2010). A manutenção corretiva, além de interromper imediatamente o uso dos veículos, pode resultar em longos períodos de inatividade, o que não apenas afeta a disponibilidade da frota para operações externas, mas também gera custos adicionais, pois um colaborador da equipe ficará parado, impossibilitado de contribuir para as atividades externas da empresa (Santos, 2018).

Além disso, os custos emergenciais são geralmente superiores devido à complexidade das falhas que podem ocorrer (Medeiros, 2017). Portanto, um sistema de manutenção preventiva bem estruturado não apenas assegura a eficiência operacional, mas também promove uma economia significativa ao evitar a necessidade de reparos emergenciais, garantindo que os veículos estejam sempre prontos para uso. A Figura 17 mostra como é realizado o gerenciamento das manutenções.

Figura 17 - Gerenciamento das manutenções



Fonte: Autoria Própria (2024)

Durante minha graduação, as disciplinas de Manutenção Industrial, Controle de Sistemas Dinâmicos e Fundamentos Termodinâmicos tiveram um impacto significativo nas minhas atividades na empresa. A disciplina de Manutenção Industrial me ensinou a aplicar melhores práticas para sistemas de manutenção preventiva e corretiva, permitindo que eu elaborasse cronogramas eficientes e otimizasse os recursos disponíveis, o que foi essencial para manter a frota em ótimo estado. O conhecimento adquirido em Controle de Sistemas Dinâmicos me ajudou a entender o comportamento dos veículos em movimento, possibilitando a identificação antecipada da necessidade de manutenção, especialmente através da análise de vibrações. Já a compreensão dos princípios da Termodinâmica foi crucial para a realização de manutenções preventivas, como a troca de óleo e filtros baseando-se na eficiência térmica dos motores e prevenindo problemas de superaquecimento. Assim, as disciplinas que cursei contribuíram de maneira direta para a eficácia das práticas de manutenção e a melhoria contínua dos processos na empresa.

2.2.3 Controle de abastecimento de veículos

O controle de abastecimento é um aspecto fundamental da gestão de frotas, essencial para garantir a eficiência e a economia dos recursos (Smith, 2018). Ao monitorar detalhadamente o consumo de combustível e integrá-lo com práticas como manutenção preventiva e roteirização, as empresas podem alcançar uma operação mais sustentável e reduzir significativamente os custos operacionais.

2.2.3.1 Importância do Controle de Abastecimento

Integrar o controle de abastecimento com outros aspectos da gestão de frota, como manutenção preventiva e roteirização, promove uma operação mais econômica. Esse controle consiste em monitorar e registrar o consumo de combustível de cada veículo, garantindo que o abastecimento seja feito de maneira eficiente e controlada. Isso envolve o uso de sistemas de registro para acompanhar:

- Quantidades de combustível consumidas
- Custos associados
- Quilometragem percorrida por cada veículo

A implementação de um sistema eficaz de controle de abastecimento ajuda a identificar padrões de consumo, detectar possíveis irregularidades, como fraudes ou desperdícios, e planejar estratégias para otimizar o uso de combustível (Jones, 2020). Além disso, permite uma gestão mais precisa dos custos operacionais da frota, contribuindo para a eficiência financeira da empresa.

2.2.3.2 Softwares Utilizados

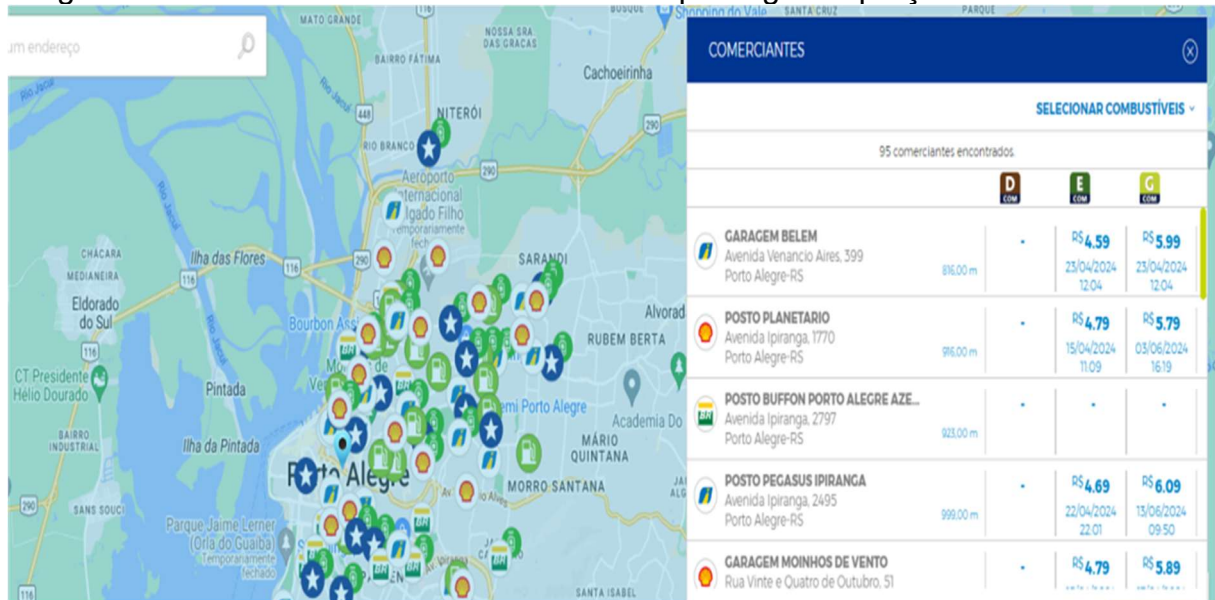
Diversos softwares estão disponíveis para o controle de abastecimento e gestão de frotas. Um exemplo relevante é o Ticket Log, uma plataforma que oferece soluções completas para gestão de frotas, incluindo:

- Controle de Abastecimento: Permite o registro e a análise do consumo de combustível, facilitando o monitoramento em tempo real e o planejamento orçamentário.

- **Gestão de Despesas:** Auxilia no controle de custos associados a abastecimentos, manutenção e outras despesas operacionais.
- **Relatórios Personalizados:** Gera relatórios detalhados sobre o desempenho da frota, ajudando na tomada de decisões estratégicas.

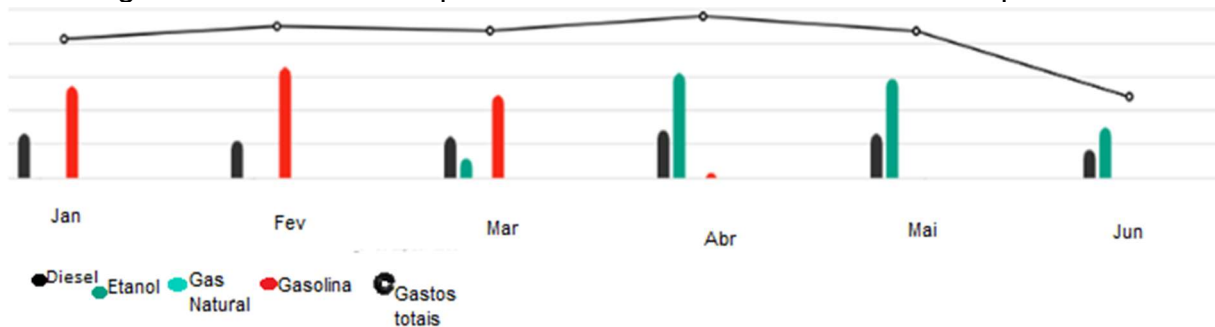
A seguir, apresenta-se o controle sobre os fornecedores de abastecimentos disponíveis, de acordo por região e preço dos combustíveis por estabelecimentos (Figura 18). A Figura 19 mostra o controle da quantidade consumida pela frota durante o ano. Já a Figura 20 apresenta um relatório personalizado por veículo, evidenciando seu desempenho em relação ao abastecimento.

Figura 18 - Fornecedores de abastecimentos por região e preço dos combustíveis



Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 19 - Controle da quantidade de combustíveis consumida pela frota



Fonte: Autoria Própria (2024).

Figura 20 - Relatório de desempenho em relação ao abastecimento

Placa		Modelo		Tipo Frota				Grupo de Restrição								
		VW SAVEIRO		PRÓPRIA				GRUPO GERAL DE RESTRIÇÕES								
Data/Hora	Transação	Forma da Transação	Cartão	Grupo de Restrição Transação (uni.)	Estabelecimento	Cidade	Liberação Restrição	Motivo (Transação protegida)	Restrição	Valor	Km rodados	Litros	Média Padrão Km/Litro	Valor/Litro		
14/02/2024 10:28:37	957.725.056	POS	6035.74** **** 4163	GRUPO GERAL DE RESTRIÇÕES		PASSOS/MG	0		ETANOL	33.563	3.274,55	100,36	211	28,32	7,45	3,89
11/02/2024 10:40:28	956.680.976	POS	6035.74** **** 4163	GRUPO GERAL DE RESTRIÇÕES		PASSOS/MG	0		ETANOL	32.942	3.500,00	125,45	168	32,25	5,21	3,89
30/08/2024 09:08:48	948.000.994	POS	6035.74** **** 4163	GRUPO GERAL DE RESTRIÇÕES		PASSOS/MG	0		ETANOL	32.774	2.887,35	105,05	203	28,93	7,75	4,09
28/08/2024 09:35:50	947.782.354	POS	6035.74** **** 4163	GRUPO GERAL DE RESTRIÇÕES		PASSOS/MG	0		ETANOL	32.873	2.682,25	96,09	270	23,25	9,03	4,09
27/08/2024 08:34:42	943.308.778	POS	6035.74** **** 4163	GRUPO GERAL DE RESTRIÇÕES		PASSOS/MG	0		ETANOL	32.363	2.892,29	109,04	374	42,33	9,05	4,09

Fonte: Autoria Própria (2024).

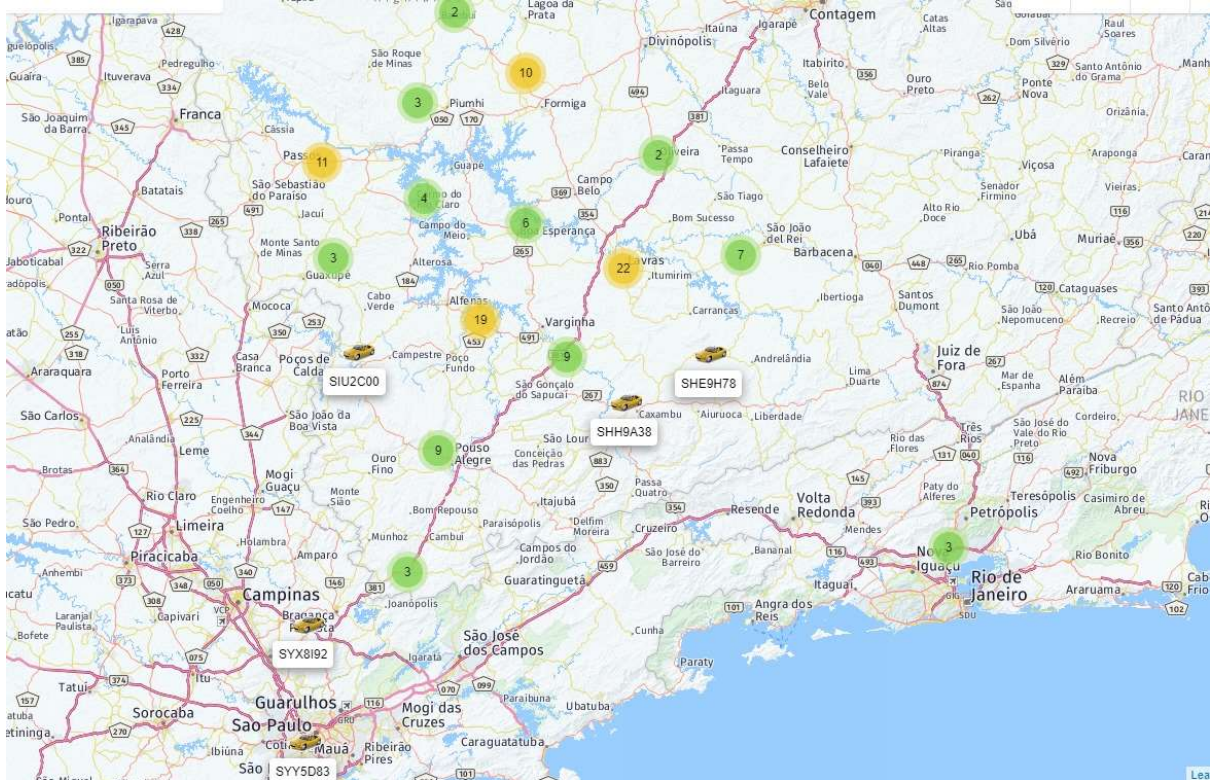
Um controle eficaz de abastecimento exige planejamento e organização, competências desenvolvidas na disciplina de Gestão de Projetos. Ao implementar softwares como o Ticket Log, é crucial seguir um procedimento estruturado para garantir que as soluções funcionem adequadamente e que os resultados possam ser avaliados. Além disso, o conhecimento em Mecânica dos Fluidos é fundamental para compreender o comportamento dos combustíveis e seu impacto no desempenho dos motores. Com essa compreensão, é possível analisar como diferentes tipos de combustível influenciam o consumo e a eficiência dos veículos (Jones, 2020), levando a uma gestão de frota mais eficiente e embasada.

2.2.4 Controle e monitoramento da utilização de veículos

O controle e monitoramento da utilização de veículos envolvem o acompanhamento detalhado das atividades de cada veículo, incluindo quilometragem percorrida, horas de operação, localização e finalidade das viagens. A implementação de um sistema robusto de controle e monitoramento possibilita a identificação de padrões de utilização, a detecção de oportunidades de otimização e a melhoria da eficiência operacional da frota (Miller, 2020). Além disso, facilita a gestão preventiva ao antecipar as necessidades de manutenção e planejar o uso dos veículos de acordo com as demandas operacionais. Programas de rastreamento, como Gofleet e Minastrack, permitem o monitoramento em tempo real da localização dos veículos, o acompanhamento das rotas percorridas e a verificação do cumprimento de horários estabelecidos (Williams, 2019). Essas ferramentas não apenas aumentam a segurança e a eficiência das operações, mas também possibilitam uma resposta mais

ágil a situações imprevistas e aprimoram a gestão dos recursos da frota como um todo. A Figura 21 mostra a localização dos veículos em tempo real.

Figura 21 - Localização dos veículos em tempo real



Fonte: Autoria Própria (2024)

Além dos benefícios operacionais, o controle e monitoramento da utilização de veículos têm um impacto significativo na redução de custos e na segurança. O acompanhamento preciso das atividades dos veículos permite identificar práticas de condução ineficientes e comportamentos de risco, possibilitando a implementação de programas de treinamento direcionados aos motoristas (Williams, 2019). Estudos indicam que a análise detalhada do desempenho dos veículos e o monitoramento em tempo real contribuem para a redução de acidentes e a diminuição dos custos com manutenção e seguros, ao detectar problemas potenciais antes que se tornem críticos (Smith, 2018). A utilização de tecnologias de rastreamento e telemetria, como Golfleet e Minastrack, não apenas melhora a segurança das operações, mas também fornece insights valiosos para a gestão proativa da frota, permitindo ajustes que resultam em economia de recursos e aumento da eficiência geral (Miller, 2020).

A segurança do trabalho é fundamental no curso de Engenharia Mecânica, pois ensina a prevenir acidentes e criar ambientes seguros, tanto em fábricas quanto no transporte. O controle e monitoramento de veículos, que identificam práticas de condução inadequadas, são exemplos de como a Engenharia pode otimizar a eficiência e garantir segurança. Tecnologias como rastreamento e telemetria fornecem dados em tempo real, ajudando a evitar acidentes e reduzir custos. A Figura 22 mostra a evolução no processo de redução do indicador excesso de velocidade.

Figura 22 - Indicador excesso de velocidade



Fonte: Autoria Própria (2024).

2.2.5 Controle de multas e sinistros

O controle de multas e sinistros envolve monitorar e registrar todas as multas de trânsito recebidas pelos veículos da empresa, bem como quaisquer incidentes ou sinistros ocorridos durante o uso. Um bom controle permite acompanhar as multas desde sua emissão até a resolução, garantindo que sejam pagas dentro dos prazos estabelecidos e que não haja impactos negativos na operação da frota. Além disso, o registro detalhado de sinistros ajuda a avaliar as causas e responsabilidades envolvidas, facilitando processos de seguros e medidas corretivas para evitar incidentes futuros.

São fatores que evidenciam a importância do Controle de Multas e Sinistros (Silva, 2020):

- i. **Gestão Eficiente de Multas:** O registro sistemático das multas garante que a empresa esteja sempre em conformidade com as leis de trânsito, evitando penalidades adicionais e a possibilidade de aumento de seguros. O acompanhamento das multas ajuda a identificar padrões de comportamento dos motoristas e áreas que necessitam de treinamento ou conscientização.
- ii. **Análise de Sinistros:** O registro detalhado de sinistros permite avaliar as causas e responsabilidades envolvidas. Essa análise é crucial para implementar medidas corretivas e prevenir a ocorrência de incidentes futuros. Além disso, um controle eficaz facilita os processos de seguros, garantindo que as reivindicações sejam processadas de maneira adequada e em tempo hábil (Pereira, 2019).
- iii. **Impacto Financeiro:** O controle rigoroso de multas e sinistros pode resultar em economias significativas. Multas não pagas podem gerar juros e penalidades, enquanto sinistros podem resultar em aumento de prêmios de seguro. Assim, a gestão eficiente dessas questões contribui para a saúde financeira da empresa (Silva, 2020).
- iv. **Melhoria Contínua:** A análise dos dados coletados sobre multas e sinistros pode informar estratégias de melhoria contínua na operação da frota. Identificar as principais causas de acidentes e multas permite desenvolver treinamentos específicos e políticas de segurança para os motoristas.

Gerir uma frota de veículos envolve muitos desafios, como o controle de multas e sinistros, que são essenciais para garantir a segurança e a eficiência das operações. No curso de Engenharia Mecânica, disciplinas como Fundamentos da Economia e Gestão de Investimentos nos mostraram como a análise econômica e financeira pode influenciar decisões importantes. Esses conhecimentos nos ajudam a entender melhor o impacto financeiro das multas e sinistros, além de nos guiar na hora de fazer investimentos em manutenção e segurança da frota. Combinando teoria e prática, estamos mais preparados para lidar com os desafios do setor, gerenciando recursos de forma eficiente e responsável, sempre em busca da conformidade legal e da proteção do patrimônio da empresa.

2.2.6 Projetos de responsabilidades sociais

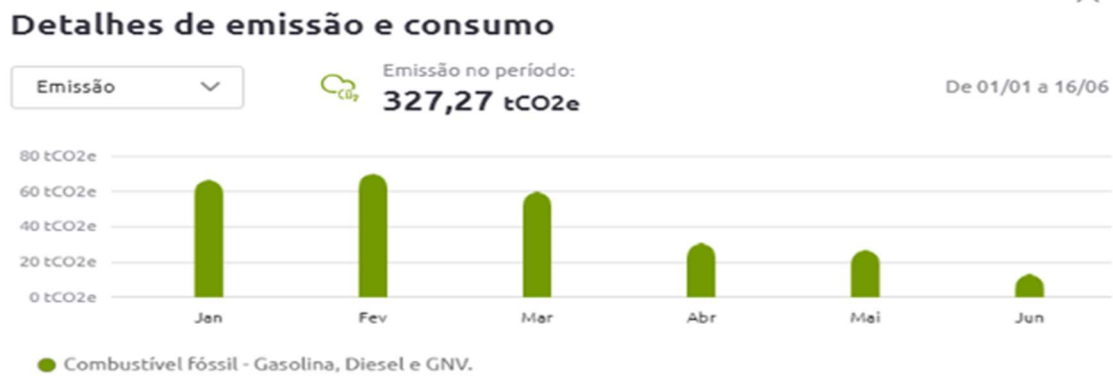
Projetos de responsabilidade social são iniciativas que as empresas implementam para contribuir positivamente com a sociedade e o meio ambiente. Essas ações podem abranger diversas áreas, como educação, saúde, meio ambiente e inclusão social. Exemplos comuns incluem programas de voluntariado corporativo, apoio a causas ambientais, iniciativas de educação e capacitação profissional para comunidades carentes, patrocínios a eventos sociais e culturais, além da adoção de práticas de sustentabilidade nas operações. Segundo Carroll (1991), a responsabilidade social corporativa envolve um compromisso ético das empresas para com seus stakeholders, refletindo sua contribuição para o bem-estar social.

2.2.6.1 Causas Ambientais

As empresas podem investir em projetos que promovam a conservação ambiental, como reflorestamento, campanhas de reciclagem e redução das emissões de carbono. Tais ações contribuem para a preservação do meio ambiente e para a promoção da sustentabilidade (Kotler & Lee, 2005).

A gestão da frota, em colaboração com o departamento de ESG, realiza o acompanhamento e monitoramento das emissões de CO₂ equivalente (tCO_{2e}) geradas pelos veículos devido ao consumo de combustíveis. Essa abordagem permite programar ações tanto para minimizar quanto para mitigar os impactos já causados. Como pode ser observado na Figura 23, detalhes das emissões tCO_{2e} que estão em constante diminuição, resultado das iniciativas de conscientização, como a redução do tempo em que os veículos permanecem com o motor ligado enquanto o ar-condicionado está ativo, além da transição do uso de gasolina para etanol nesse período.

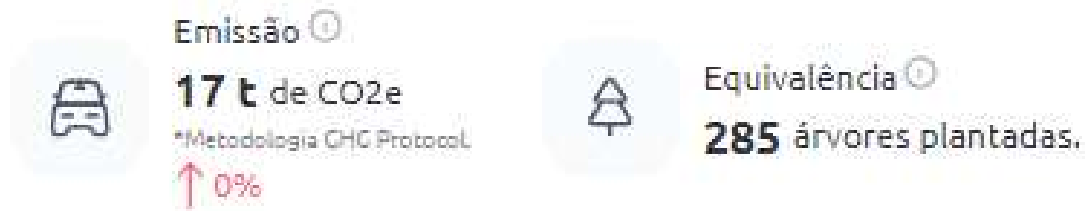
Figura 23 - Detalhes das emissões tCO₂e.



Fonte: Aatoria Própria (2024).

Na Figura 24 Emissão X Equivalência, é possível observar a quantidade de árvores necessárias para compensar uma determinada quantidade de tCO₂e emitida. Esse gráfico ilustra a relação entre as emissões de carbono e o número de árvores requeridas para neutralizar esses impactos ambientais, destacando a importância de ações de reflorestamento e preservação florestal na mitigação das mudanças climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2018).

Figura 24 - Emissão X Equivalência



Fonte: Aatoria Própria (2024).

2.2.6.2 Benefícios dos Projetos de Responsabilidade Social

Essas iniciativas não apenas beneficiam as comunidades atendidas, mas também oferecem vantagens significativas para as empresas:

- Fortalecimento da Reputação: Projetos de responsabilidade social melhoram a imagem da empresa, demonstrando um compromisso com a ética e a sustentabilidade.
- Engajamento dos Colaboradores: Funcionários que participam de iniciativas de responsabilidade social tendem a se sentir mais engajados e motivados, o que

pode resultar em aumento da produtividade e satisfação no trabalho (Morgan, 2019).

- Impacto Positivo e Duradouro: Ao contribuir para o desenvolvimento social e ambiental, as empresas podem criar um impacto positivo que perdura além de suas operações.

Esses benefícios mostram que a responsabilidade social e a gestão ambiental são interdependentes, formando uma base sólida para o sucesso empresarial e a promoção de um futuro sustentável. Essa relação é essencial para os estudantes de gestão ambiental, pois destaca a importância de integrar práticas sociais e ambientais em estratégias corporativas.

2.3 Vivência do aluno Michael Rodrigues da Silva

Meu nome é Michael Rodrigues Silva, natural de Vespasiano/MG, na minha infância e adolescência, desenvolvi um interesse pela mecânica, o que orientou minha trajetória acadêmica e profissional. Este interesse inicial foi o ponto de partida para uma carreira dedicada à mecânica industrial e à manutenção.

Aos 18 anos, iniciei minha trajetória profissional no setor de manutenção mecânica em 2005, em uma empresa de caldeiraria, e paralelamente iniciei o curso técnico em mecânica na Escola Técnica Don Inácio, em Itaú de Minas/MG, onde tive a oportunidade de concluir o curso técnico em dezembro de 2007. Durante esse período, desempenhei diversas funções, incluindo meio-oficial, mecânico montador, mecânico especializado e caldeireiro em várias empresas terceirizadas no setor de mecânica industrial da cidade.

Em 2009, fui contratado como técnico em manutenção em uma indústria cimenteira, onde exerci a função de técnico sênior e especialista de manutenção industriais há 13 anos. Essa experiência no setor industrial, tem sido crucial no desenvolvimento de habilidades técnicas e na aplicação de conhecimentos para garantir a eficiência e a segurança das operações industriais.

Motivado pela vontade de me capacitar e evoluir pessoalmente, e profissionalmente, iniciei o curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário

UNILAVRAS em 2019 e atualmente ocupo o cargo de engenheiro de confiabilidade de manutenção júnior na indústria cimenteira. Tenho como objetivo utilizar a engenharia para desenvolver soluções inovadoras que contribuam para a melhoria dos processos industriais, otimização de recursos e impactando positivamente na comunidade e no meio ambiente.

2.3.1 Local do estágio

Realizei o meu reaproveitamento profissional em uma empresa que está entre as 03 maiores na produção de cimento no Brasil.

Com a capacidade anual de 2 milhões de toneladas de cimento ao ano e aproximadamente 170 mil toneladas de cimento mensal, a unidade de produção possui uma fábrica completa para fabricação do cimento, com equipamentos industriais inclusos no processo tais quais como britadores de martelos, retomadora, empilhadeiras, moinhos verticais de rolos, forno e resfriadores, moinhos horizontais de bolas de cimento, ensacadeiras e paletizadoras, equipamentos com uma alta tecnologia empregada tornando assim fundamentais para fabricação de cimento na unidade produtiva.

Durante o meu aproveitamento profissional, tive como objetivo evidenciar atividades realizadas na empresa no cargo que estou atualmente como Engenheiro de Confiabilidade Junior, no setor de manutenção. Minha função envolve a gestão dos indicadores de performance técnica da manutenção, gestão de ordens e planos de manutenção de equipamentos, desenvolvimento de análise de falhas, acompanhamento de plano de ação, solicitações de revisão de desenhos e alteração de tarefas nos planos de manutenção, melhoria em equipamentos e peças industriais, Atuo também direcionando as equipes de manutenção da unidade, na redução de paradas inesperadas dos equipamentos, evitando assim a perda dos indicadores de produção e manutenção, elevando a confiabilidade e disponibilidade dos ativos e reduzindo assim prejuízos operacionais e financeiros.

A seguir será apresentado um pouco da minha rotina de trabalho, relatando as atividades realizadas e detalhando com evidências as metodologias, ferramentas e equipamentos nos quais eu atuo diretamente na Engenharia de Confiabilidade.

Neste trabalho de conclusão de curso será descrito o conceito e etapas da engenharia de confiabilidade é apresentado em detalhes, bem como a evolução histórica da área de pesquisa, e suas principais metodologia e diversidade de estudo e aplicações.

2.3.1 Engenharia de Confiabilidade

2.3.1.1 Evolução Histórica da Engenharia de Confiabilidade

A engenharia de confiabilidade começou a ser explorada por Henley e Kumamoto, que desenvolveram os primeiros estudos de análise de confiabilidade, logo após a Primeira Guerra Mundial (Lafraia, 2001).

Em 1940 quando, com auxílio da análise de confiabilidade, passou-se a se aplicar a engenharia em vários contextos militares, devido às intensas demandas do período de guerras, exigiu-se um avanço significativo na indústria de armamentos militar. O objetivo era minimizar falhas e maximizar a disponibilidade dos sistemas, garantindo a segurança e eficácia das operações militares (Moubray, 2001; Smith, 1993; Pinto & Nasif, 1999). A partir de então o ser humano começava a depender cada vez mais dos equipamentos, e de que estes equipamentos funcionassem de forma confiável, sem que apresentasse falhas durante sua operação. Ninguém queria que um equipamento de guerra deixasse de funcionar em meio a uma batalha, ou que um avião tivesse uma avaria durante o voo.

Durante a Segunda Guerra Mundial, na Alemanha, um grupo de engenheiros da equipe de Von Braun, trabalhou no desenvolvimento de mísseis V-1 em aeronaves. Após o término do ataque à Bélgica, soube-se que todos os protótipos apresentaram falhas quando testados, explodindo durante o voo ou aterrissando antes do alvo. Então, deu-se início aos primeiros cálculos, que eram realizados baseados nas

estatísticas do número de acidentes e falhas em componentes por hora de voo (Souza, 2008).

Já no final dos anos 50, o interesse dos norte-americanos esteve centrado no desenvolvimento de mísseis intercontinentais e na pesquisa desenvolvimento aeroespacial, quando a corrida para ser a primeira nação a enviar uma missão tripulada à Lua motivou os avanços na área da confiabilidade, direcionando esforços para desenvolver métodos e ferramentas que pudessem prever e prevenir falhas em foguetes, aviões e nos produtos das indústrias americanas.

Na década de 1970, os estudos de confiabilidade apresentaram uma evolução significativa nos setores aeroespacial e aeronáutico. A partir desse momento, aplicações da confiabilidade passaram a ser estudadas como uma ciência aplicada, integrando estatísticas, análise de falhas e engenharia de manutenção para melhorar a performance dos sistemas e produtos em diversas áreas, se consolidando mundialmente, na otimização da manutenção, prevenção falhas e restauração de performance de sistema. (Knight, 1991).

A Engenharia de Manutenção Centrada em Confiabilidade, RCM - do inglês *Reliability Centred Maintenance*, é hoje a metodologia ideal para gestão estratégica da manutenção (Dutra, 2019). Figura 25 ilustra a evolução da Engenharia no decorrer dos anos.

Figura 25 - Evolução da engenharia de confiabilidade 1



Fonte: Engeteles (2024).

2.3.2.2 Engenharia de Confiabilidade na Indústria.

A engenharia de confiabilidade é uma área da engenharia que visa otimizar a confiabilidade de sistemas e produtos, reduzindo o risco de falhas, paradas não planejadas e contribuindo para a maximização da produtividade, a redução dos custos de manutenção e a otimização dos recursos, garantindo assim às expectativas de performance do sistema. (Fogliatto & Ribeiro,2009).

De acordo com a norma NBR 5462 (ABNT, 1994) a definição de confiabilidade é a probabilidade de um componente, máquina, equipamento ou sistema, desempenhar sua função conforme o projeto e condições de operação, durante um determinado período sem apresentar falhas.

Segundo Lafraia (2001, p.15), a definição de falha no contexto da confiabilidade, é a “impossibilidade de um sistema ou componente cumprir com suas funções no nível especificado ou requerido”.

A principal meta dos profissionais de engenharia de manutenção é garantir a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos e sistemas de produção.

Atualmente os engenheiros de confiabilidade executam as tarefas estratégicas que garantem que as operações da planta sejam realizadas de forma eficiente e eficaz: Identificam e gerenciam os riscos que podem causar problemas de segurança operacional ou desempenho do equipamento, desenvolvem métodos de análise coletados de dados e usam conceitos de suas análises para desenvolver uma estratégia para o planejamento eficaz das atividades de manutenção garantindo que a fábrica maximize a produção, sem sacrificar a qualidade dos produtos e a segurança das operações. Além disso, são funções dos Engenheiros de Confiabilidade:

- Gerenciamento de equipamentos;
- Monitoramento de riscos em todo o seu ciclo de vida;
- Desenvolvimento de processos através de FMEA (Análise dos modos de falha e seus efeitos) para equipamentos novos ou existentes;
- Planejamento de testes necessários e avaliações de desempenho para avaliar os riscos potenciais para a produção e segurança com o equipamento.

- Identificação de soluções para falhas recorrentes, realizando testes e propondo ações corretivas.
- Análise de dados estatísticos para prever momento correto de intervenção de manutenção e minimizando assim perdas.

O conceito de manutenção industrial moderna atual consiste em: “garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados” (Kardec & Nascif, 2009 p. 47).

A confiabilidade e a disponibilidade são conceitos completamente diferentes, mas ambos são de extrema importância para o processo industrial. A disponibilidade consiste em colocar o ativo em operação, produzindo sem a avaliação adequada dos riscos operacionais e financeiros, focando mais na operação do ativo. Já a confiabilidade é permitir operar o ativo com qualidade, performance e principalmente com o controle dos riscos do equipamento, e avaliando os ganhos e perdas ocasionados pelo controle de estatístico de performance (Dutra, 2017).

Quanto maior a confiabilidade do equipamento, menor a probabilidade de falha e maior a conservação de sua estrutura mantendo as características de projeto e a segurança das operações.

No setor industrial cimenteiro, a Engenharia de Confiabilidade tem sido muito demandada tanto para elevar a performance de seus indicadores, como também no direcionamento de métodos e conceitos que contribuem na gestão de manutenção, e na capacitação técnica da equipe, melhoria de processos e equipamentos.

Os conhecimentos adquiridos na engenharia têm facilitado o raciocínio dos profissionais que atuam na área de confiabilidade, onde através dos conhecimentos adquiridos nas disciplinas de cálculos, estatística, e gerenciamento de projetos auxiliam nas decisões da confiabilidade, onde utilize-se os conceitos adquiridos para dimensionamento de equipamentos e peças, auxiliam na gestão de manutenção na estrutura de gestão de manutenção.

2.3.2.3. Áreas de atuação da engenharia de confiabilidade na indústria cimenteira

De acordo com (Dutra, 2017) com a economia globalizada, surge uma intensa procura por equipamentos capazes de manter sua disponibilidade com mínimas probabilidades de falhas, resultando em bons investimentos a um menor custo de manutenção.

Segundo (Moubray, 1997) descreve as falhas em equipamentos ou sistemas, causam efeitos que vão desde uma parada do sistema de menor relevância, como também podendo gerar impactos severos ao sistema produtivo, gerando prejuízos econômicos como perda de produtividade dos processos e o elevado aumento de custos com a utilização de materiais, mão de obra, energia elétrica entre outros custos imprevistos.

Na engenharia de confiabilidade na indústria cimenteira, podemos utilizar a engenharia de confiabilidade para atuar em diversas áreas de atuação.

Os exemplos citados a seguir foram de áreas nas quais atuei junto a equipe de manutenção, onde pude evidenciar etapas da manutenção que estão diretamente ligadas a engenharia de confiabilidade de manutenção.

Na Figura 26 podemos identificar as áreas de atuação que são de responsabilidade da engenharia de confiabilidade, onde a engenharia auxiliou na aplicação de conceitos e métodos que poderão oferecer vantagens altamente competitivas, trazendo, entre outros benefícios, melhoria contínua nos processos e nos ativos, maior segurança dos colaboradores, otimização dos recursos e dos ativos, redução de quebras e paradas de produção, redução de custos e aumento da lucratividade, melhoria contínua de processos, elevação do valor de mercado da empresa, previsibilidade, evolução na cultura de alta performance.

Podemos evidenciar os setores que a confiabilidade atua nos setores de segurança industrial, performance industrial, custo, infraestrutura, condições ambientais

Figura 26 - Setores de atuação da Engenharia de Confiabilidade



Fonte: Autoria própria (2024)

Na Figuras 27 podemos evidenciar a realização de reunião semanal junto equipe de manutenção, produção, qualidade e logística, da indústria cimenteira, para apresentação dos resultados de indicadores o e debater sobre ações que possam otimizar processos e resultados da empresa através da utilização da gestão de engenharia de confiabilidade. Realização da reunião de fiabilidade e detalhamento de análise de funcionalidade e performasse dos equipamentos.

Figura 27 - Reunião de Confiabilidade



Fonte: Autoria própria

Engenharia de confiabilidade, atua em conjunto com a área de manutenção industrial, contribuindo significativamente nos setores da área de manutenção. Aplicando seus conceitos, ela está presente e se integra a diferentes tipos de manutenção auxiliando na tomada de decisões técnicas relacionadas à manutenção corretiva, preventiva, preditiva e detectiva, otimizando os processos e garantindo maior nas operações industriais.

De acordo com (Dutra,2019) a MCC (Manutenção centrada na confiabilidade) e RCM (*Reliability Centered Maintenance*) é uma metodologia estruturada que visa definir as melhores atividades na manutenção industrial para manter a disponibilidade e confiabilidade de qualquer processo produtivo.

Na Figura 28 podemos verificar as áreas de atuação e aplicações engenharia de manutenção centrada na confiabilidade, no setor cimenteiro e industrial, exemplificando área de aplicação de RCM dentro da manutenção industrial.

Figura 28 - Manutenção Centrada na Confiabilidade



Fonte: Abraman- Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (2024)

2.3.2 Confiabilidade na Manutenção Mecânica Industrial

Na engenharia, a confiabilidade é calculada como uma probabilidade, podendo ser quantificada com o cálculo representado na Figura 29. O resultado permite ao Engenheiro de manutenção saber se pode confiar na performance do ativo.

Figura 29 - Cálculo de Confiabilidade de equipamentos ou produto

$$\text{Confiabilidade} = R(t) = e^{-\lambda \cdot t}$$

λ = Taxa de falhas

t = Tempo

e = Constante de Néper

$$\lambda(t) = \frac{1}{\text{MTBF}}$$

Precisa seguir a unidade do MTBF (horas, dias, ...)

2,7182...

Fonte: TRACTIAN (2024).

Parâmetros de confiabilidade para a taxa de falhas constantes, são representados nas Equações a seguir.

Confiabilidade: (R): $R = e^{(-\lambda t)}$ (Equação 01)

Probabilidade de falhas (P): $P = 1 - R$ (Equação 02)

Taxa de falhas: $= 1 / \text{MTBF}$ (Equação 03)

λ = número de falhas / número total de horas de operação (Equação 04)
onde t é tempo de missão e $e = 2,7182$

Exemplo de cálculo de confiabilidade (com taxa de falha constante), dados:

- Equipamento (modelo): Avião modelo; BOEING
- Contexto operacional: rota de São Paulo - Boston;
- Tempo de missão: 1.000 horas;
- Taxa de falhas: 0,00002 falhas;
- Confiabilidade:

$$R = e^{(-\lambda t)}$$

$$R = (1000) = e^{((-0,00002 \times 1000))}$$

$$R(1000) = e^{(-0,00002 * 1000)} = 98\%.$$

Sendo assim a probabilidade de que o avião modelo BOEING realize a rota São Paulo-Boston sem apresentar falhas durante as próximas 1.000 horas é de 98%.

2.3.3.1. Confiabilidade na Manutenção Preventiva Mecânica.

De acordo Pinto & Xavier (2001), a manutenção preventiva “é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo”. Segundo a norma NBR 5462 (ABNT, 1994) é a manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

De maneira simples, o objetivo da manutenção preventiva é evitar a ocorrência de falhas, ou seja, preveni-las. A atividade de manutenção preventiva sistemática é aplicada quando a lei de degradação é conhecida. Essa lei diz respeito ao conhecimento sobre a evolução do desgaste do equipamento, à medida que é utilizado.

A manutenção preventiva se baseia em um calendário pré-estabelecido para a realização de inspeções e reparos regulares em componentes, sistemas e/ou qualquer dispositivo da máquina. Ao atingir as horas programadas, a equipe de manutenção efetua a troca. Esse processo ocorre de modo mais acelerado se o equipamento for operado inadequadamente.

As vantagens deste tipo de manutenção, para Pinto & Xavier (2001), são:

- Maior continuidade operacional e intervenções programadas;
- Maior facilidade de gerenciamento das atividades e nivelamento de recursos;
- Previsibilidade de consumo de materiais e sobressalentes. Já as

desvantagens são as seguintes:

- Necessidade de acompanhamento do plano de manutenção implantados;
- Necessidade de uma equipe de executantes capacitados e treinados;
- Possibilidade de introduzir defeitos não existentes no equipamento durante as intervenções.

Pinto & Xavier (2001, p.41) apontam possíveis causas de introdução de problemas nos equipamentos como sendo falha humana, falha de sobressalentes, contaminações introduzidas no sistema de óleo; danos durante partidas e paradas; falhas dos procedimentos de manutenção.

A engenharia de confiabilidade atua na gestão de execução de ordens preventivas, nos acompanhamentos das atividades em campo, na adequação dos planos de manutenção, revisão de periodicidade e frequência de atuação dos planos preventivos, procedimentos corretos de manutenção e montagem dos equipamentos.

Durante meu período de aproveitamento profissional realizou-se o acompanhamento e a supervisão de uma manutenção preventiva de um eixo arvore de um separador dinâmico modelo *Sepax 475M-222* do fabricante *F.L.Smidth*, um equipamento fundamental no processo de produção de cimento, eixo de grande porte de aproximadamente 3 toneladas o todo conjunto.

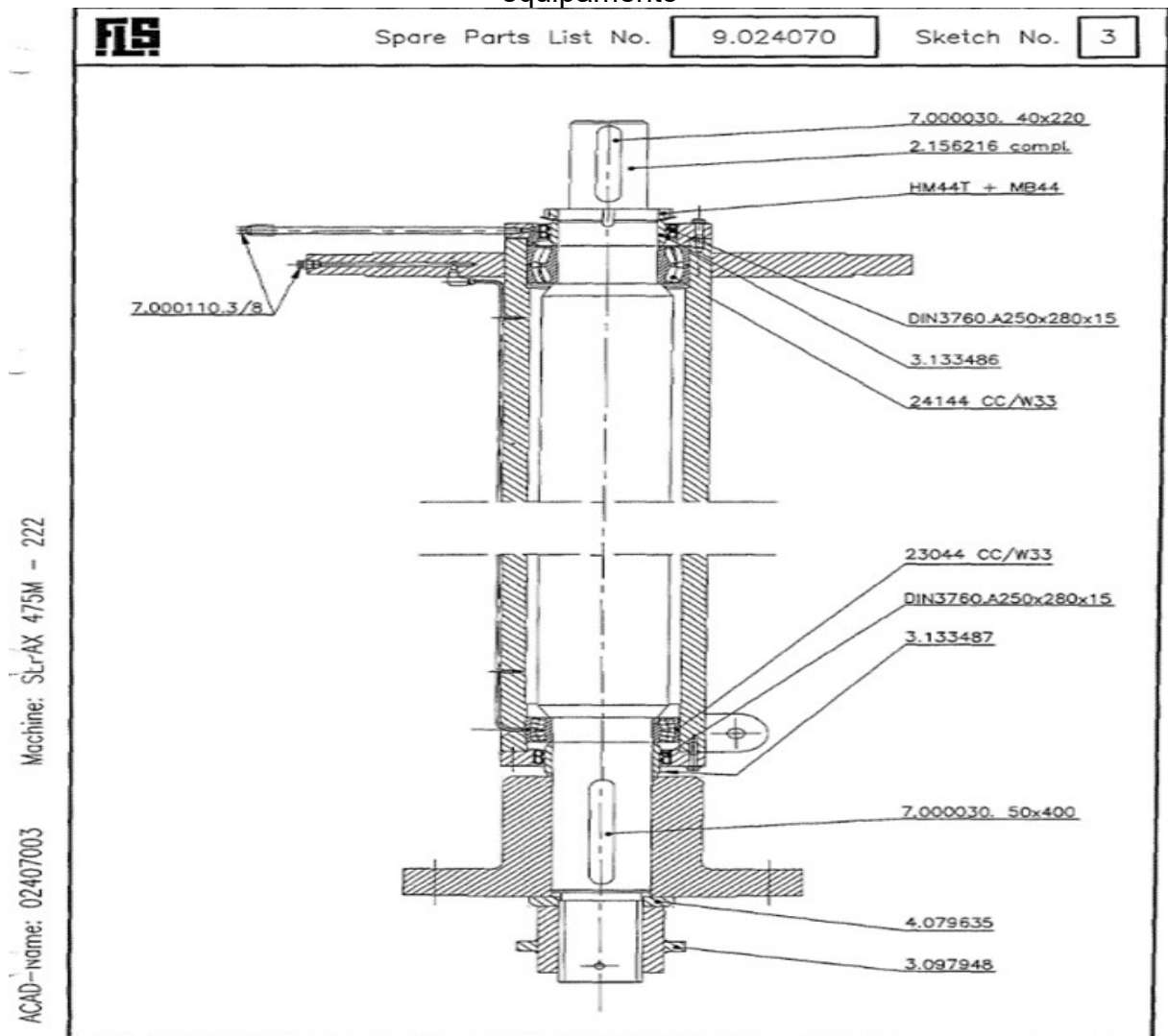
A manutenção preventiva no eixo arvore teve como principal objetivo a realização de montagem e ajustes dos rolamentos, utilizando técnicas de montagem de elementos mecânicos com a realização de içamento de carga.

Eixo arvore é definido como um elemento mecânico rotativo ou estacionário (condição estática) de secção usualmente circular onde são montados outros elementos mecânicos de transmissão tais como: rolamentos, rodas centradas e excêntricas para utilização em separadores dinâmicos, peneira e rodas transmissão entre outras aplicações. Os eixos arvores são suportados (apoiados) em mancais, de deslizamento ou rolamento, tendo secção quase sempre mássica e variável, com rasgos de chavetas para fixação de componente.

Durante esta manutenção preventiva foi possível aplicar várias técnicas e conceitos adquiridos nas disciplinas de engenharia mecânica, conceitos de elementos de máquinas, usinagem, metrologia, desenhos técnicos, mecânica aplicada, mecânica dos sólidos, engenharia de matérias, manutenção industrial, estes conceitos foram essenciais na interpretação do desenho, para checagem de material, medição dimensional das peças, e realização do procedimento de avaliação de risco para montagem correta com segurança na execução da atividade.

Realizou-se a verificação dimensional do eixo e o cubo da arvore do separador, checando as tolerâncias e folgas necessárias como também o procedimento de montagem dos rolamentos antes do início da atividade. Na Figura 30 podemos identificar uma vista do conjunto do elemento de máquina com sua lista de peças conforme manual de montagem do equipamento *F.L. SMIDTH (2003)*. Figura 31 representa a lista de peça montagem do eixo árvore do equipamento.

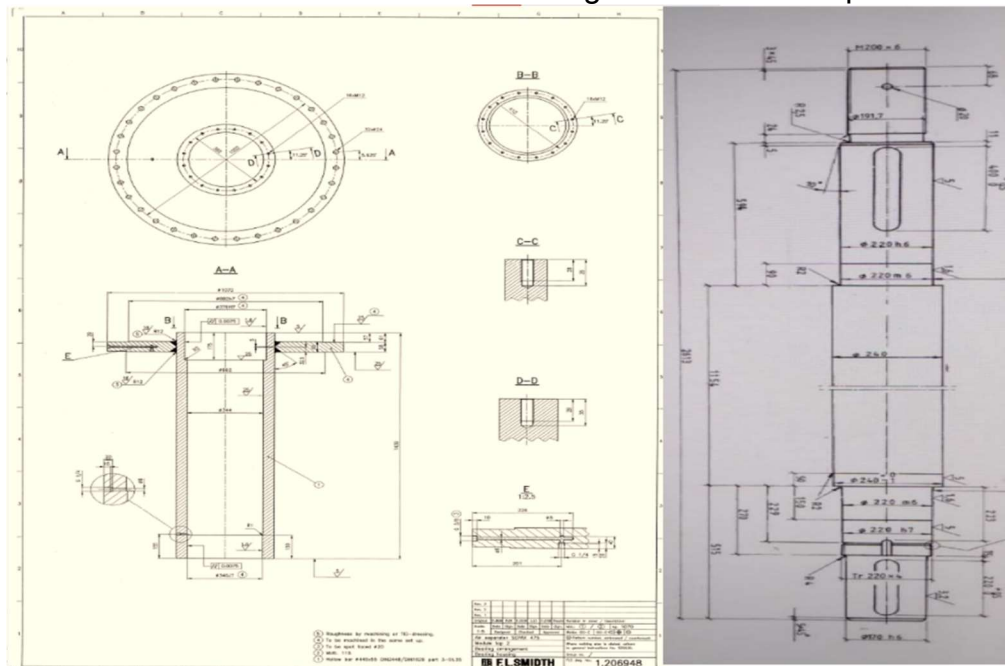
Figura 30 - Desenho técnico da lista de peça de montagem do eixo árvore do equipamento



Fonte: *F.L. SMIDTH (2003)*

Figura 31 representa a medidas dimensionais e interferências de montagem do cubo e eixo da arvore do equipamento.

Figura 31 – Procedimento 37035-11 de montagem do eixo do separador dinâmico



Fonte: F.L. SMIDTH (2003).

Realizou-se a montagem dos rolamentos após verificação de folga interna residual do rolamento conforme a tabela de folga do fabricante dos rolamentos. Utilizou-se o procedimento de montagem dos rolamentos pelo processo de indução para dilatação dos rolamentos para montagem dele no eixo.

O aquecedor por indução foi projetado para aplicações de manutenção, a fim de aquecer rolamentos que são montados com ajuste de interferência em um eixo. O rolamento expande ao ser aquecido, o que elimina a necessidade de usar força durante a instalação. Geralmente, para gerar uma diferença de temperatura de 90°C (162°F) entre o rolamento e o eixo é suficiente para permitir a dilatação correta para instalação.

A indução em rolamentos ocorre quando uma corrente elétrica passa por uma bobina, gerando um campo magnético que induz outra corrente elétrica no núcleo do rolamento, aquecendo-o rapidamente.

O aquecedor indutivo para rolamentos é uma ferramenta de montagem que utiliza esse processo para aquecer o rolamento de forma correta. É considerado uma forma moderna, eficiente e segura de aquecer rolamentos, em comparação com outros métodos, como banhos de óleo ou fornos.

Figura 32 representa etapas da montagem dos rolamentos no eixo do equipamento.

Figura 32 - Etapas da montagem dos rolamentos no eixo do equipamento.



Fonte: Autoria Própria

Após a montagem do rolamento no eixo, realizou-se a etapa de montagem do eixo com os rolamentos no cubo, durante esta etapa realizou-se a montagem das vedações, retentores e tampas de fechamento do conjunto, e a montagem das tubulações de lubrificação dos rolamentos e checagem de ajustes de medidas.

Na Figura 33 podemos identificar o eixo instalado no cubo com os rolamentos inferior e superior instalado e o conjunto com as tampas e vedações instaladas

Figura 33 - Eixo do cubo com rolamento



Fonte: Autoria Própria

Após a conclusão das etapas de manutenção da árvore do separador foi descrito realizado um procedimento de relatório técnico do trabalho, descrevendo os materiais utilizados, folgas e medidas dimensionais, procedimento de montagem e descrição detalhada da atividade, para histórico e armazenamento na pasta do equipamento.

Atividade de manutenção preventiva em equipamento de grande porte e essencial no desenvolvimento do engenheiro de manutenção que necessita ter um bom planejamento das etapas e recursos necessários como também entender interpretar desenhos e conceitos presente dentro da manutenção preventiva de equipamentos, podendo ser eles de pequeno ou grande porte dentre da cadeia produtiva.

2.3.3.2. Confiabilidade na Manutenção Preditiva

Também conhecida por Manutenção Sob Condição ou Manutenção com Base no Estado do Equipamento, é definida por Pinto & Xavier (2001) como “a atuação realizada com base em modificação de parâmetro de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática”.

Segundo a norma NBR 5462 (ABNT, 1994), é a manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise de sinais, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

Monchy (1989, p.35) descreve a preditiva como sendo uma “forma de manutenção preventiva em que a lei de degradação (evolução do desgaste do equipamento) é desconhecida e a supervisão dos parâmetros de controle é realizada de forma contínua”. Quando o grau de degradação se aproxima ou atinge o limite previamente estabelecido, é tomada a decisão de intervenção. Isto permite um melhor planejamento tanto dos recursos materiais, quanto dos recursos humanos e financeiros. As técnicas mais utilizadas na indústria são: análise de vibração, análise

termográfica, análise de emissões acústicas, análise de óleos lubrificantes e análise de sinais de corrente elétrica.

Embora o termo “preditivo” tenha significado de “previsão”, a manutenção preditiva significa uma análise geral do estado de máquinas, componentes e peças, tendo como base as observações e medições realizadas, para posterior tomada de decisão quanto ao momento adequado para a realização das intervenções de manutenção.

A manutenção preditiva tem muitas vantagens, pois intervém o mínimo possível e evita intervenções desnecessárias, aproveita ao máximo a vida útil dos componentes da máquina. Porém, exige uma equipe capacitada e qualificada, além de equipamentos específicos, para análise dos dados coletados.

Durante meu aproveitamento profissional realizou-se a implantação de um indicador para o controle de equipamentos com monitoramento preditivo na indústria cimenteira, através da gestão da engenharia de confiabilidade. Através deste controle foi possível estratificar a quantidade de equipamentos com monitoramento, coleta e análise de vibração, qual o tipo de falha mais presente nos ativos, na indústria cimento.

Na Figura 34 podemos evidenciar um quadro de indicadores de controle preditivo dos equipamentos da indústria cimenteira, que monitora aproximadamente 1072 equipamentos como exatores, compressores, bombas de água, redutores, motores, e sistema de transmissões em geral.

Figura 34 - Indicadores de controle preditivo dos equipamentos da indústria cimenteira.



Fonte: Autoria Própria (2024)

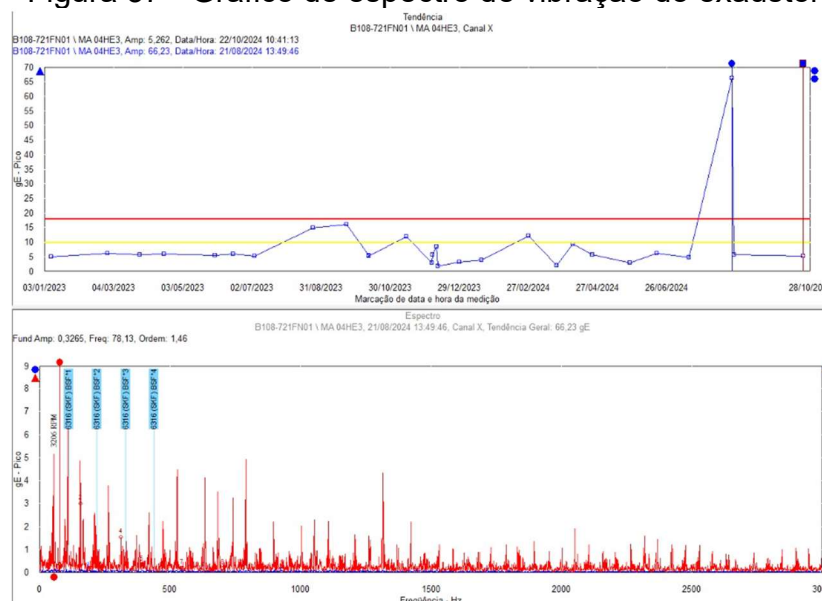
Podemos evidenciar um total de 1072 equipamentos que possuem o controle de coleta e análise de vibração, entre eles 1055 e condições normais de operação e 17 itens com algum princípio de evolução, através desta análise preditiva, descrevemos os princípios diagnósticos de falha de análise de vibração, nível de alarme e criticidade de cada equipamento.

Neste outro indicador controlamos o número de equipamentos que tiveram coleta e análise de vibração ao longo do ano de 2024, um controle que tem intensificado a frequência de coleta e análise de acordo com a evolução preditivo indicado na Figura 35.

Foi analisado o espectro de vibração junto a equipe de manutenção, analisado as consequências e riscos de uma falha corretiva e tomado a decisão de realizar a manutenção preventiva programada no equipamento.

Figura 37 representa um gráfico de espectro de vibração do exaustor retirado do *software* da SKF Aptitude, coletado no aparelho de coleta de vibração *Microlog Analyzer Gx*

Figura 37 - Gráfico de espectro de vibração do exaustor



Fonte: Autoria Própria (2024)

Identificou-se que o nível de aceleração e vibração global saiu de 5,26 gE, para 66,23 gE, sendo uma elevação considerável de vibração para este tipo de equipamento.

Afim de sanar os efeitos identificados na análise de vibração, consultou-se a lista de peças e o desenho com identificação dos rolamentos de esfera (6316 C3) para substituição do rolamento conforme descrição do catálogo do fabricante.

Afim de programar a parada do equipamento de forma preventiva com todos os recursos. Em seguida, realizou-se o bloqueio das fontes elétricas e a desmontagem do rotor do ventilador para substituição dos rolamentos do mancal do ventilador. O processo de manutenção é ilustrado nas imagens apresentadas na Figura 38 (A) desmontagem do rolamento, (B) montagem e ajuste do rolamento e (C) alinhamento e monitoramento de vibração.

Figura 38 - Substituição dos Rolamentos

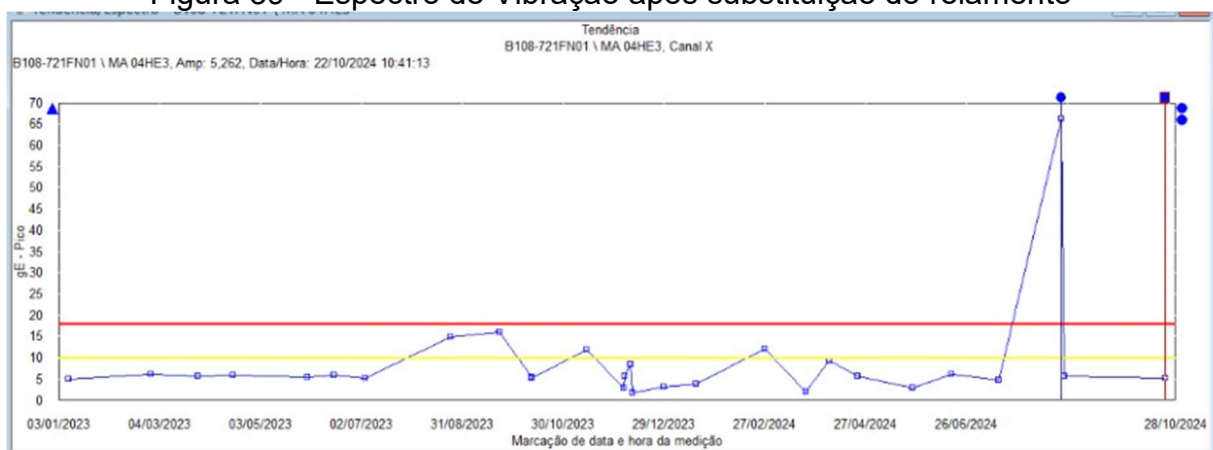


Fonte: Autoria Própria

Realizou-se então a manutenção no mancal, e após troca dos rolamentos foi executado o alinhamento do conjunto a laser. Após alinhamento entre mancal e motor, foi realizada a lubrificação e foram retirados os bloqueios do equipamento.

Afim de averiguar a eficácia do processo de manutenção realizado, foi realizada uma nova análise de vibração, cujos dados coletados estão representados na Figura 39, que representa um gráfico de espectro de vibração do exaustor retirado do software da SKF Aptitude, retirado no aparelho de coleta de vibração Microlog Analyzer Gx.

Figura 39 - Espectro de Vibração após substituição do rolamento



Fonte: Autoria Própria (2024)

E possível evidenciar que após a intervenção dia 26/09/2024 os níveis de vibração retomaram para 5,26 gE, dentro dos limites aceitáveis.

Após a desmontagem dos rolamentos que apresentaram nível elevado de vibração, foi realizada a desmontagem dos corpos rolantes e marcas de *pitch*, Figura 40, na pista externas do rolamento identificadas, indicando sintomas de destacamento de material na região de carga dinâmica.

Figura 40 - Marcas de pitch na pista externa do rolamento.



Fonte: Aatoria Própria

Após a análise da integridade dos rolamentos, foi definido que deve haver uma revisão do plano de manutenção no sentido de redução no período entre trocas dos rolamentos do exaustor. Estipulou-se então que o novo período entre trocas deve ser de dois anos em detrimento do período anterior, que era de três anos. Assim, objetivava-se que o rolamento seja substituído sem aparição de vibração excessiva ou risco estrutural para equipamento.

2.3.3.2.2 Manutenção Preditiva - Análise de óleo lubrificante

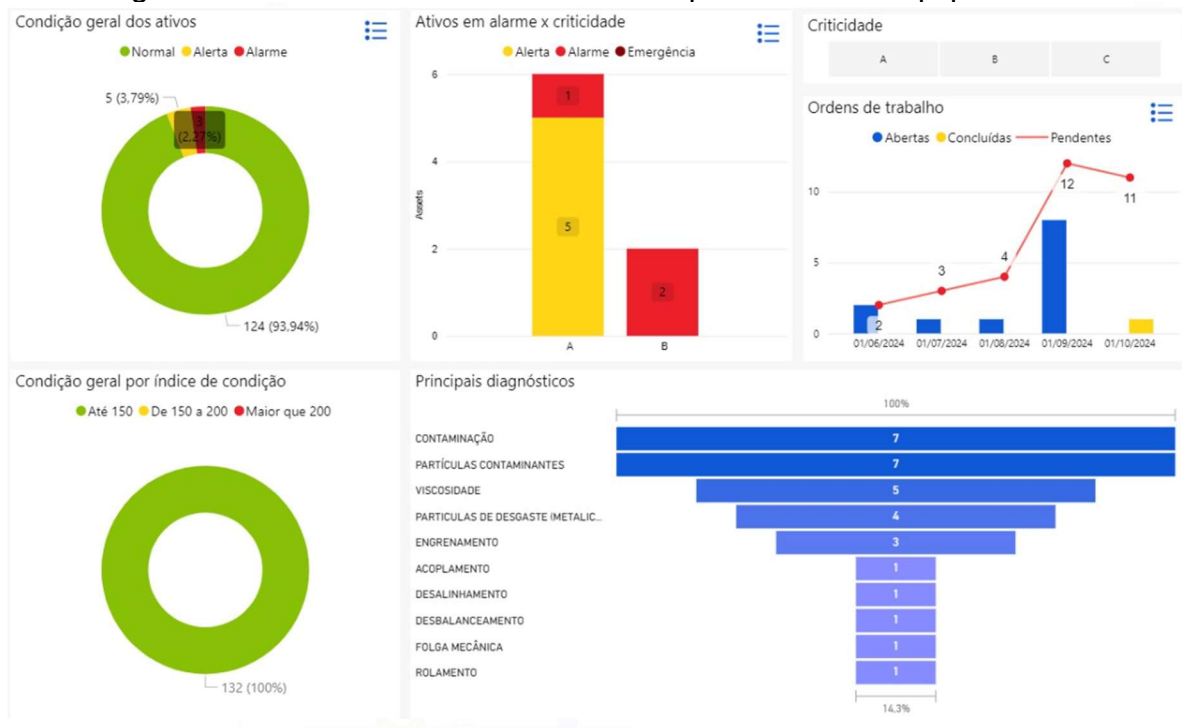
Foi implementado um indicador de controle preditivo de equipamentos, com foco na análise de óleo no setor de manutenção. Esse indicador permite um acompanhamento estruturado das coletas e análises de óleo, possibilitando a adequação da frequência de inspeção conforme a necessidade de cada equipamento.

A análise de óleo é uma técnica essencial de manutenção que deve ser priorizada pelas indústrias, pois permite realizar avaliações laboratoriais rápidas e precisas sobre o estado do lubrificante, utilizado nos equipamentos.

Esse monitoramento fornece uma visão detalhada das condições operacionais dos equipamentos, facilitando a identificação precoce de desgastes, contaminações e mudanças nas propriedades do óleo, uma ferramenta fundamental para auxiliar nas tomadas de decisão da equipe de manutenção e na gestão da caracterização de lubrificantes.

Na Figura 41 representa um painel de monitoramento da quantidade de equipamentos que são controlados a análises de óleo lubrificante.

Figura 41 - Painel de monitoramento da quantidade de equipamentos



Fonte: Autoria Própria

Podemos evidenciar um total de 132 equipamentos que possuem o controle de análise de óleo, quantificar os principais diagnósticos de falha de lubrificante, nível de alarme e a criticidade de cada análise detalhadamente.

Na ilustração da Figura 42 podemos ver um modelo de análise de óleo, com a realização das seguintes análises: espectrofotométrica, morfologia de partículas, física e químicos onde através de uma comparação com a ficha técnica das características do produto junto ao histórico das últimas análises de óleo podemos gerar uma tendência de acompanhamento ou evolução das variáveis:

- **Espectrofotométrica:** determinar quais elementos químicos presente no óleo lubrificante como: metais, contaminantes e aditivos que estão na amostra coletada do fluido. Nesta análise verifica-se a quantidade de metais de desgaste como Ferro, Cobre, Cromo, Chumbo, Níquel, Alumínio e Estanho, quantidade de aditivos presentes no lubrificante com Molibdênio, Zinco, Cálcio e Magnésio e a existência de contaminantes externo como Silício presente no óleo lubrificante, sendo este controle essencial para prevenção de falhas em equipamentos industriais.
- **Morfologia de Partículas:** é uma técnica utilizada na análise de óleo para estudar as características físicas das partículas presentes no lançamento, como tamanho, forma, textura e composição. Essa análise permite identificar e interpretar o tipo de desgaste que ocorre em componentes internos dos equipamentos, auxiliando no diagnóstico de problemas específicos no maquinário.
- **Físico-Químicos:** Tem como objetivo avaliar as condições do lubrificante, indicando a capacidade de isolamento e o estado do óleo presente no equipamento. São analisados a aparência, água, densidade, índice de viscosidade, TAN (Número de Acidez Total), Fuligem, Odor, entre outros.

Figura 42 - Modelo de análise de óleo de lubrificante com viscosidade de 460 SHC

Resultados de análises: amostra ATUAL e 04 últimas							
Identificação - Laudo/Amostra			B2006240 101	B20122300 86	B21082300 52	B27062300 17	B221222 0210
Data Coleta			07/06/2024	13/12/2023	08/08/2023	13/06/2023	14/12/2022
Horímetro/Data Atual			07/06/2024	13/12/2023	08/08/2023	13/06/2023	14/12/2022
Tempo Serviço Do Produto - dias			0	0	0	0	0
Condição da amostra >							
Descrição	Norma	Unidade					
Físico Químicos							
Viscosidade a 40°C	ASTM D445	cSt	440.0	433.0	429.6	434.5	447.9
Água	Labor	%	0.00	0.00	0.00	0.00	296
T A N	ASTM D974	mg KOH/g	0.76	0.63	0.67	0.48	0.51
Espectrofotométrico							
Alumínio	ASTM D5185	ppm	0.86	0.63	0.10	0.10	0.70
Cobre	ASTM D5185	ppm	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Cromo	ASTM D5185	ppm	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Ferro	ASTM D5185	ppm	39.61	32.01	24.12	16.11	49.66
Silício	ASTM D5185	ppm	8.14	7.83	5.88	4.20	11.34
Chumbo	ASTM D5185	ppm	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Zinco	ASTM D5185	ppm	25.51	23.57	20.81	13.80	77.54
Estanho	ASTM D5185	ppm	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Molibdênio	ASTM D5185	ppm	0.42	0.26	0.09	0.10	5.10
Níquel	ASTM D5185	ppm	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Calcio	ASTM D5185	ppm	31.76	31.54	26.87	20.40	41.24
Sódio	ASTM D5185	ppm	0.25	0.10	0.10	0.10	0.03
Prata	ASTM D5185	ppm	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Boro	ASTM D5185	ppm	23.71	29.10	28.69	29.24	9.12
Bário	ASTM D5185	ppm	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Magnésio	ASTM D5185	ppm	0.14	0.14	0.10	0.10	0.86
Manganês	ASTM D5185	ppm	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Fósforo	ASTM D5185	ppm	360.2	314.0	340.8	305.5	300.9
Titânio	ASTM D5185	ppm	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Vanádio	ASTM D5185	ppm	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Morfologia de Partículas							
Abrasivos/Areias	ASTM D7684	-	Normal	Normal	Normal	Tracos	Normal
Liga Ferrosa >5<15µm	ASTM D7684	-	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
Borras	ASTM D7684	-		Normal			Normal
Outros Ensaio							
IPF / PQ Index	ASTM D8184	-	33	27	20	20	38

Fonte: Autoria própria (2024)

Ao realizar o estudo e a análise desse componente, é possível reduzir não só o risco de paradas, mas também permitir a ação certa com antecedência, controlar o desgaste, aumentar a vida útil das máquinas e gerar melhores resultados, eliminando os custos com manutenção. Quanto mais controle sobre os fluidos, melhor o desempenho.

Durante as etapas de aplicação da engenharia na manutenção preditiva podemos correlacionar vários conceitos e técnica com as disciplinas de sistema dinâmicos, controle de vibrações, automação industrial, organização industrial, elementos de máquinas conceitos que direcionam na interpretação de espectro de vibração, sensores, forma de coletas e interpretação de desenhos e gráficos de vibração

2.3.3.2 Confiabilidade na Manutenção Detectiva

Surgida na década de 90, a manutenção detectiva visa à busca das chamadas falhas ocultas, aquelas falhas não evidentes para o pessoal de operação e manutenção em situação normal (PINTO & XAVIER, 2001).

Falhas ocultas ocorrem em sistemas de proteção de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, nos dispositivos de segurança de processos e nos sistemas de desligamento de emergência. A manutenção detectiva é realizada por meio de testes periódicos na função oculta, mas isto não é garantia que o dispositivo não venha a falhar durante o próximo período de funcionamento.

A manutenção detectiva é um tipo de inspeção que visa identificar falhas em equipamentos e sistemas antes que elas causem problemas maiores, como travamentos ou acidentes de trabalho. Para isso, a manutenção detectiva usa técnicas e ferramentas para monitorar e inspecionar os equipamentos de forma periódica ou contínua. Os dados coletados são analisados para identificar padrões e anomalias, e os equipamentos são reparados ou substituídos quando necessários.

O monitoramento detectivo encontra sua aplicação mais notável em indústrias e fábricas com equipamentos de grande porte, nos quais a interrupção das operações devido a falhas pode ser catastrófica. Ela desempenha um papel crucial em setores críticos, como aeronáutica, energia, petróleo e gás, e saúde, onde falhas não podem ser toleradas, seja devido a riscos de segurança, perdas financeiras ou impactos na produção.

Tem como princípio a detecção de falhas em sistemas, sensores e dispositivos de proteção da máquina. Esse tipo de manutenção permite que os especialistas verifiquem as condições operacionais de um determinado sistema sem retirá-lo da operação. Em alguns casos, também é possível corrigir discrepâncias sem interromper a operação do sistema.

2.3.3 Gestão de Indicadores de performance na engenharia de confiabilidade na indústria.

2.3.3.1. Tipos de Indicadores de performance utilizado na confiabilidade na indústria cimenteira.

Os KPIs, do inglês Key Performance Indicators, permitem medir, analisar e mapear o desempenho, sendo a métrica uma metodologia para a avaliação da performance de processos na empresa, pois o que não se gerencia não se pode melhorar (Falconi, 2018). Os indicadores são parte fundamental no andamento das atividades industriais, pois são métricas que mostram como está o desempenho da sua empresa. Para isso, as empresas do setor cimenteiro precisam fazer o controle de suas manutenções, medindo o tempo em que seus equipamentos estarão disponíveis e o tempo que eles ficarão parados para algum reparo. Isto é imprescindível para que a empresa não tenha surpresas indesejáveis tendo sua produção comprometida pela parada inesperada dos seus equipamentos.

A grande maioria das empresas que buscam permanecer no mercado, com uma cota de participação estável ou crescente, devem ter um desempenho classe mundial. Isso significa caminhar de uma determinada performance para a melhor performance. O caminho que se percorre de uma para outra situação deve ser balizado por indicadores de performance. Somente os indicadores permitem uma quantificação e acompanhamento dos processos, banindo a suposição individual e propiciando as correções necessárias. Ou seja, os indicadores são dados chave para a tomada de decisão.

Indicadores são medidas ou dados numéricos estabelecidos sobre os processos que queremos controlar.

A manutenção é vista atualmente, pelas empresas que têm as melhores práticas, como uma atividade que deve proporcionar redução nos custos de produção ou serviços.

"*Benchmarking*" é o processo de melhoria da performance pela contínua identificação, compreensão e adaptação de práticas e processos excelentes encontrados dentro e fora das organizações. (Spendolini, 1993, p. 10).

No setor de manutenção, sabe muito bem o quanto importante é mensurar os resultados com métricas confiáveis e relevantes para a gestão dos ativos e maior confiabilidade para indústria pois aquilo que não se mede, não se gerencia de forma adequada.

Conforme mostrado por Dutra (2019), já existem diversos indicadores pré-estabelecidos para um acompanhamento eficaz das atividades de manutenção, sendo importante lembrar que é melhor ter poucos indicadores e saber aplicá-los da maneira correta, do que ter muitos indicadores mal controlados.

Dentre esses indicadores mais usados na Engenharia de Confiabilidade, detalharemos as seguintes métricas metodológicas.

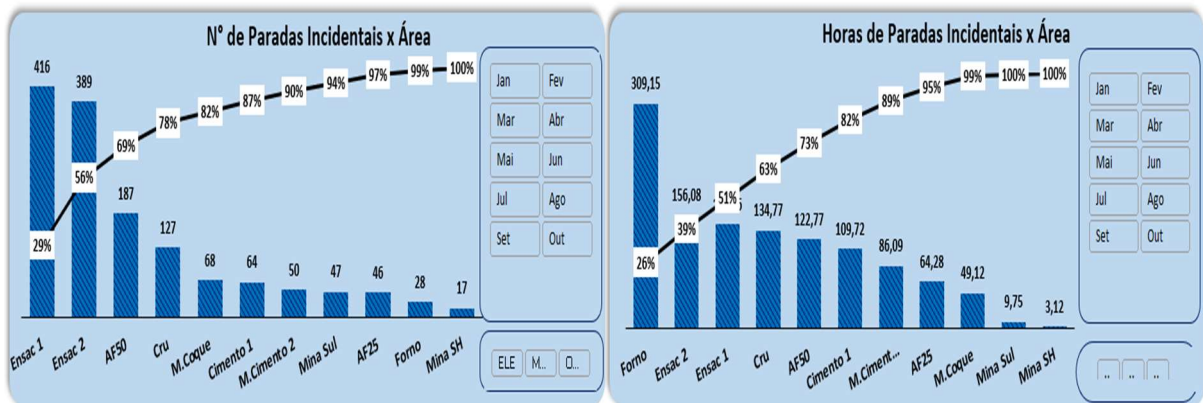
- MTBF o Tempo Médio entre Falhas, do inglês *Mean Time Between Failures*.
- MTTR, o Tempo Médio de Reparo, do inglês *Mean Time to Repair*.
- TAXA DE FALHAS, a frequência com que um equipamento apresenta falhas.
- DISPONIBILIDADE, é uma métrica que indica a porcentagem de tempo em que um equipamento ou ativo está disponível para ser usado.

Para implantar os indicadores de desempenho na engenharia de confiabilidade, foi realizada a estratificação dos seguintes fatores:

- Quantidade de paradas incidentais: contabiliza-se quantas vezes ocorreram interrupções não planejadas no processo produtivo.
- Quantidade de horas paradas devido a incidentes: mede o tempo total em que os equipamentos ficaram inoperantes por causa de falhas ou problemas inesperados.
- Principais motivos que geraram a parada incidental: identifica-se as causas mais recorrentes ou críticas que levaram a essas interrupções.
- Equipamentos com maior número de eventos e horas paradas: foca nos equipamentos que apresentaram o maior impacto em termos de quantidade de falhas e tempo de inatividade.

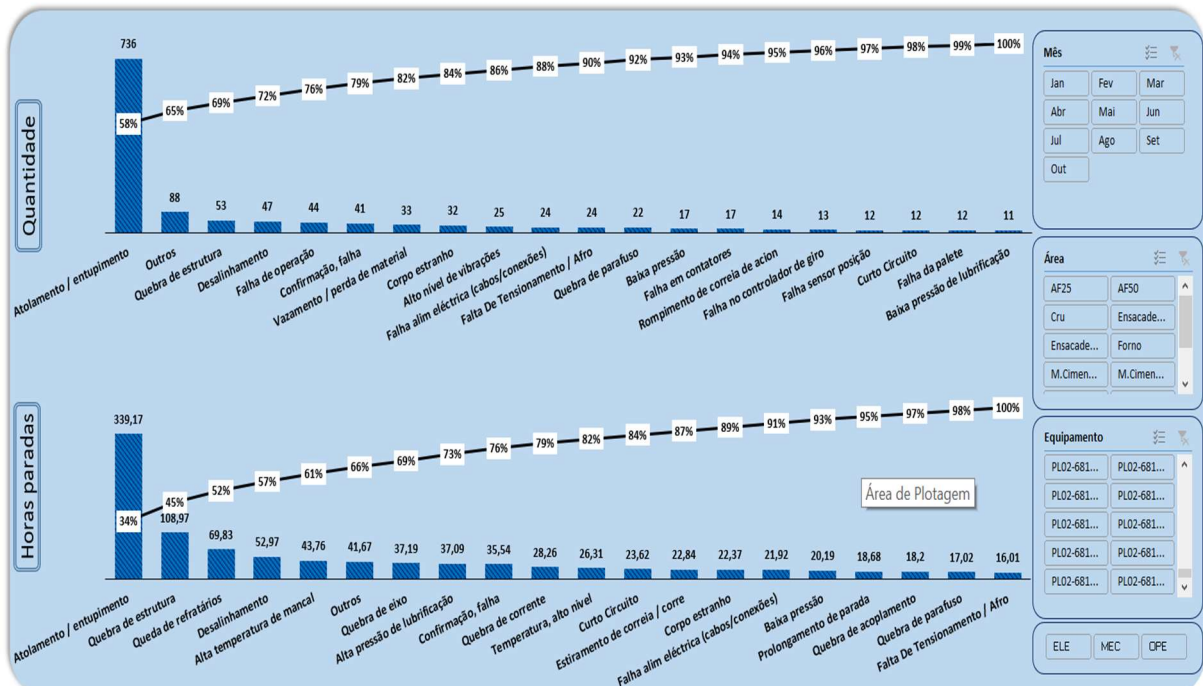
A partir dessa estratificação detalhada, é possível trabalhar com dados reais do setor cimenteiro, o que gera informações mais concretas e confiáveis. Essas informações permitem desenvolver probabilidades assertivas para prever futuras falhas, otimizar os planos de manutenção e implementar melhorias contínuas, elevando a eficiência operacional e minimizando interrupções. A Figura 43 representa a quantidade de horas de parada incidentais por setores, já a Figura 44 ilustra os motivos que mais impactaram em horas incidentais.

Figura 43 - Diagrama de paradas incidentais e horas paradas.



Fonte: Autoria própria (2024)

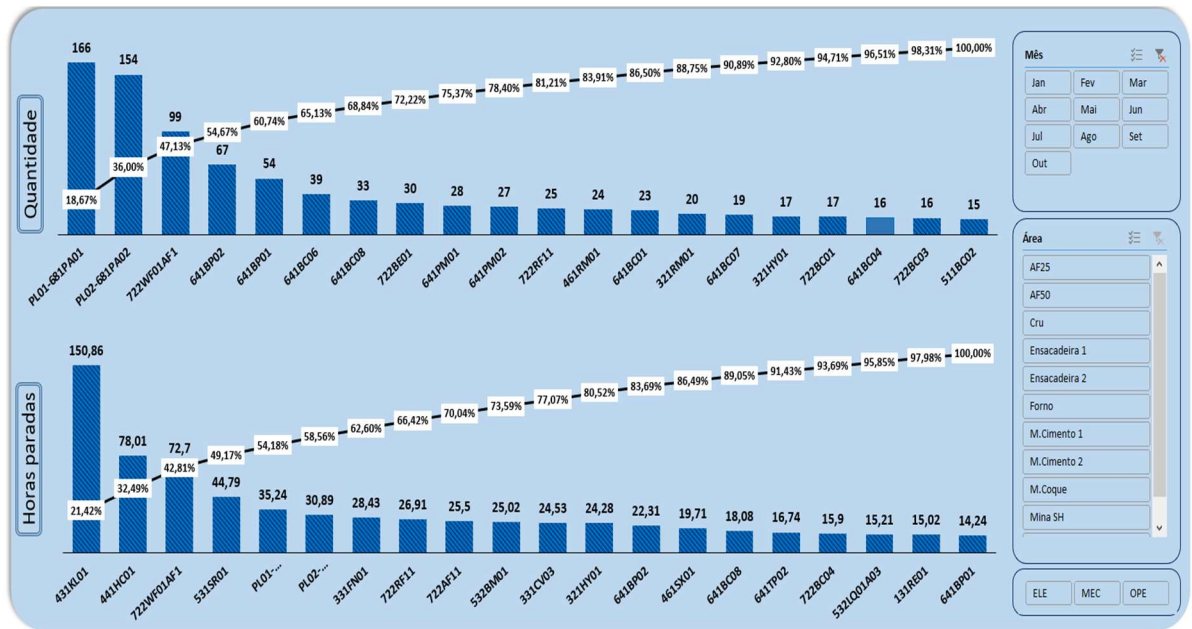
Figura 44 - Diagrama dos principais motivos de paradas incidentais e correlacionado as horas de paradas.



Fonte: Autoria própria (2024).

A Figura 45 - Diagrama de Pareto com os principais equipamentos que causaram paradas incidentais e correlacionado as horas de paradas incidentais de cada equipamento nos setores da indústria cimenteira em questão.

Figura 45 - Diagrama dos principais equipamentos causadores de paradas incidentais.



Fonte: Autoria própria

2.3.3.2. Tempo Médio entre Falhas e de Reparo

2.3.3.2.1. MTBF - Tempo Médio entre Falhas

O MTBF que em inglês significa *Mean Time Between Failure*, é uma ferramenta que mostra quanto tempo o equipamento pode operar sem apresentar nenhuma falha que prejudique a produção, por meio deste indicador pode-se observar se o modo de gestão da manutenção está sendo eficaz ou não. Quando esta ferramenta é aplicada de forma individual nos equipamentos é possível trabalhar em cada caso de modo isolado e compreender melhor origem da falha (Teles, 2016).

O MTBF estabelece a relação entre o tempo de operação de um equipamento, e o número de falhas que ele apresenta em um determinado período de funcionamento, dando assim a oportunidade de identificar fatores que contribuem para falha e entender qual seria o período ideal de realizar a intervenção preventiva

evitando que o equipamento falhe no período programado para produção (Tavares, 2005).

De acordo Viana (2009), a principal finalidade da implantação deste indicador e gerar um controle do tempo de operação para reduzir as taxas de falhas neste período programado para produção do ativo, gerando condições de previsibilidade de intervenções, com os recursos e peças necessárias para retomada de operação, reduzindo custos e tempo de execução de reparo.

Por mais de 60 anos, as organizações têm empregado esse critério para avaliar a efetividade de seus procedimentos operacionais, sejam eles de manutenção, produção e qualidade. Na empresa em questão, realizou-se a implantação desta métrica nos indicadores da Engenharia de Confiabilidade, para apontar o intervalo médio entre as falhas dos equipamentos, estabelecendo a periodicidade ideal para inspeções e manutenções preventivas. Essa iniciativa proporcionou condições de avaliação dos equipamentos em geral um indicador de extrema importância, pois auxilia no gerenciamento e a identificação de forma mais clara de quais equipamentos e sistemas necessitam de manutenção, indicando também qual o equipamento pode operar por longos períodos sem apresentar falhas, garantindo, assim, a alta produtividade da empresa.

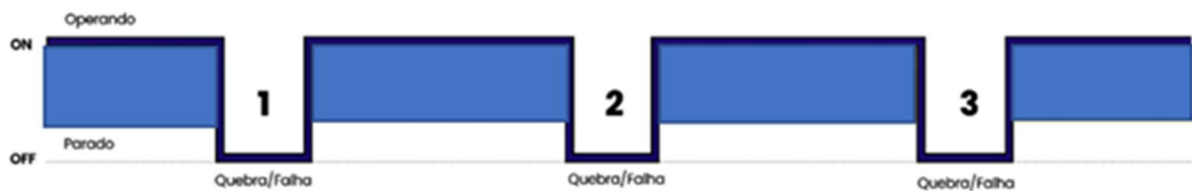
A determinação da probabilidade de sobrevivência de um equipamento, até um determinado tempo (t), é possível através da modelagem dos tempos até a falha. Conhecendo-se a distribuição de probabilidade que melhor se ajusta a estes tempos. A partir delas pode-se determinar a probabilidade de sobrevivência da unidade para qualquer tempo (t), o tempo médio até a falha e a função risco, $h(t)$, do equipamento (Fogliatto & Ribeiro, 2009). Um modelo de cálculo de MTBF é apresentado na Figura 46.

Figura 46: Cálculo de Tempo médio entre falhas MTBF.

$$MTBF = \frac{\text{Somatório das horas de trabalho em bom funcionamento}}{\text{Número de paradas para manutenção corretiva}}$$



$$MTBF = \frac{200 + 190 + 150}{3} = 180 \text{ horas}$$

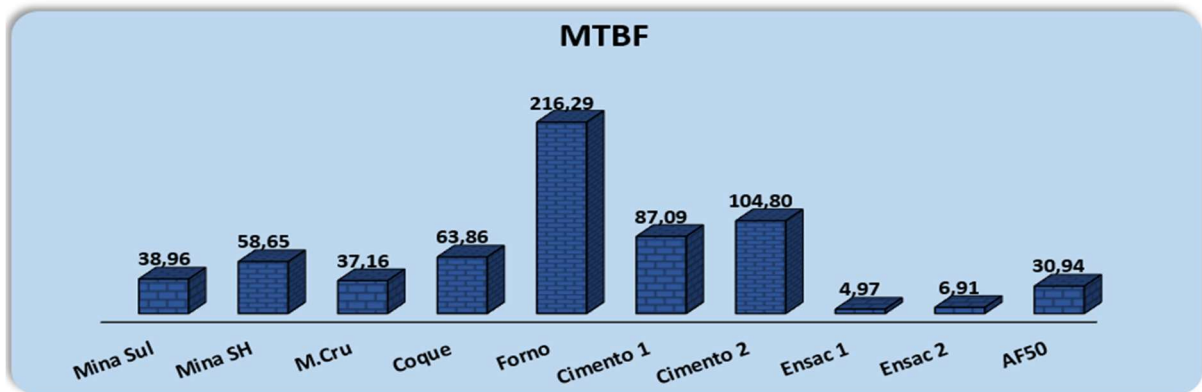


Fonte: TRACTIAN (2024).

Conforme citado na Figura 47, realizou-se estratificação do tempo médio entre falhas nos setores de produção da empresa cimenteira em questão, onde através da realização dos cálculos citados na Figura 48 (cálculo de MTBF) possibilitou implantação da gestão deste indicador através de um diagrama de Pareto, para realização da análise através destes gráficos.

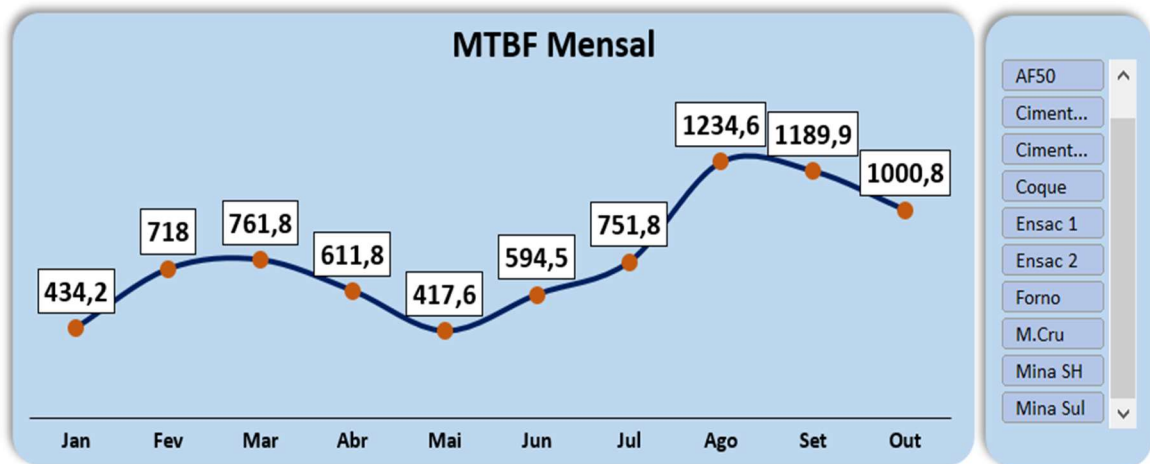
Este indicador tem direcionado a equipe de manutenção no planejamento e programação de manutenção das cadeias, orientando para o período correto de manutenção preventiva.

Figura 47 - Diagrama de Pareto com média MTBF por setor.



Fonte: Autoria própria

Figura 48 - Diagrama de Pareto com a média mensal MTBF de todas as cadeias



Fonte: Autoria própria (2024)

O MTBF também permite a comparação de diferentes equipamentos ou soluções tecnológicas em termos de confiabilidade.

Equipamentos com maior MTBF contribuem para um ambiente operacional mais seguro, pois este indicador permite que as equipes de manutenção façam previsões precisas sobre o ciclo de vida dos componentes. Isso ajuda a agendar manutenções preventivas e evitar falhas inesperadas, aumentando a disponibilidade dos sistemas e reduzindo o tempo de inatividade.

Ao monitorar o MTBF, as organizações podem identificar pontos críticos de falha e implementar melhorias contínuas nos processos ou na qualidade dos componentes, o que resulta em uma confiabilidade crescente ao longo do tempo.

2.3.3.2.2. MTTR -Tempo Médio entre Reparos

O MTTR significa “tempo médio entre reparos das falhas” que indica o tempo médio necessário para reparar uma máquina após a sua falha, de acordo com a norma NBR 5462 (ABNT, 1994) o tempo de reparo e a capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos.

De acordo com (Perreira, 2009) para se obter resultantes com esse cálculo e preciso considerar que o tempo de resolução pode ser impactado, pela falta de peças sobressalentes e materiais, por falta de conhecimento técnico, e falta de recursos necessários para realização do reparo e até mesmo por condições climáticas ou ambientais, por isso é necessário uma gestão eficiente de ativos.

Este é um indicador, que nos mostra o quanto os reparos corretivos causam impacto na produção (Viana, 2009).

Para Kardec (2009) e Viana (2009) o MTTR deve se ter um resultado ao contrário ao MTBF, pois quanto menor o tempo de reparo, maior a produtividade e disponibilidade dos sistemas e equipamentos. Um MTTR baixo, quer dizer que a equipe tem capacitação para um tempo de resposta rápida para os problemas encontrados, o que os dá um alto nível de eficiência para indústria.

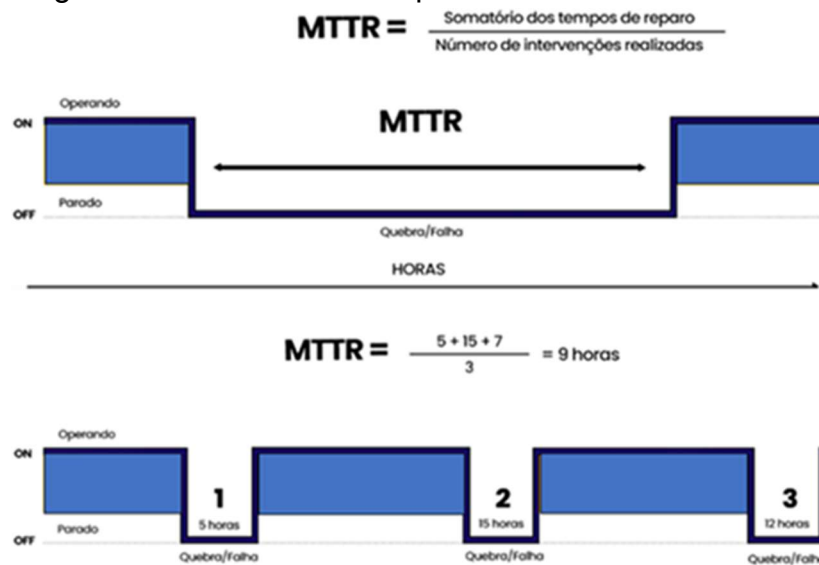
Realizou-se a implantação e a análise de MTTR através dos cálculos descritos na Figura 49 (Cálculo de MTTR) para estratificar tempo de reparo em cada um dos setores da indústria cimenteira em questão.

A análise que você mencionou traz vários benefícios importantes para a tomada de decisões estratégicas em engenharia de confiabilidade, com foco em investimentos, capacitação técnica e otimização de recursos.

Uma ferramenta métrica que auxilia no desenvolvimento da equipe e processos, pois ajuda a entender quais são os pontos de melhoria na resolução da falha, causas estas que podem estar correlacionadas a falta de matérias, peças,

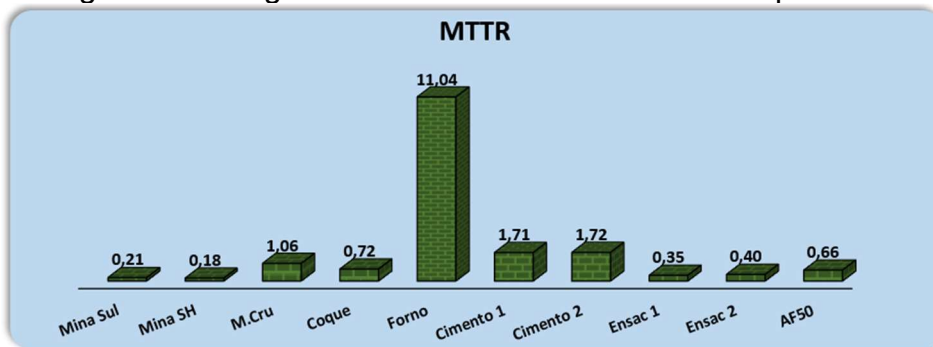
recursos ou falta de conhecimento técnico e informação para resolução rápida e eficaz do ativo. O cálculo do MTTR é apresentado na Figura 47. Já Figura 48 a acumulado anula de tempo de reparo e na Figura 49 a soma do acumulado mensal de todas as cadeias para se obter MTTR feral mensal.

Figura 49 - Cálculo de Tempo médio entre falhas MTTR



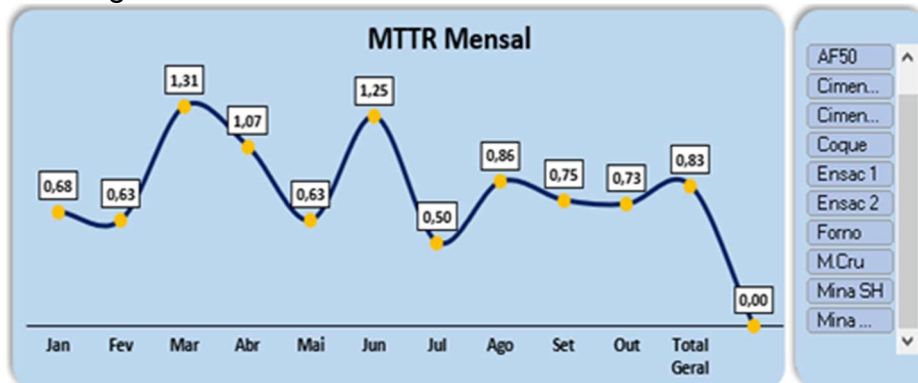
Fonte: TRACTIAN (2024)

Figura 50 - Diagrama de Pareto com média MTTR por setor



Fonte: Autoria própria (2024).

Figura 51 - Diagrama de Pareto com a média mensal MTBF de todas as cadeias



Fonte: Autoria própria (2024).

Através da análise da equação e do diagrama de pareto, verifica-se que existem duas formas de aumentar a disponibilidade.

A primeira seria com o aumento do MTBF, por exemplo, com a realização de manutenções preventivas assertivas. A segunda, seria com a diminuição do MTTR, com a transmissão de conhecimentos de manutenção aos colaboradores do equipamento por forma a diminuir o tempo de espera por indisponibilidade dos executantes da manutenção e a melhoria de recursos e definição correta de peças e itens sobressalente.

O uso de múltiplas métricas na engenharia de confiabilidade permite uma visão mais ampla do desempenho dos sistemas e processos industriais. Essas métricas ajudam a identificar tanto os pontos fortes quanto os pontos que precisam ser melhorados.

Com base nessas informações, é possível desenvolver um plano de ação eficaz para gerenciar riscos, reduzir falhas e implementar inovações que melhoram a eficiência e a segurança nas operações industriais. Isso, por sua vez, traz benefícios para toda a equipe, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro, colaborativo e impulsionando a performance industrial no setor cimenteiro.

2.3.4 Controle de Eficiência e performasse de cadeias produtivas, na engenharia de confiabilidade.

2.3.4.1. Taxa de Falha

De acordo com a NBR-5462 (ABNT ,1994) a taxa de falha e o término da capacidade de um item desempenhar a função requerida. Onde através de um conjunto de regras aplicáveis ao julgamento de tipos e gravidade de falhas, para determinação dos limites de aceitação de um item ou equipamento.

Segundo Dutra (2019) a Taxa de Falha pode ter várias origens de falhas, mas através de uma análise do tipo, classificação da falha, podemos entender melhor as causas e efeitos desta anomalia para atuar de forma assertiva na resolução da falha.

- **Falha crítica** que provavelmente resultará em condições perigosas e inseguras para pessoas, danos materiais significativos ou outras consequências inaceitáveis.
- **Falha por uso incorreto** devida à aplicação de solicitações além dos limites especificados ou a erros de instalação ou operação.
- **Falha por manuseio** causada por manuseio incorreto ou falta de cuidado com o item.
- **Falha por fragilidade** devida a uma fragilidade no próprio item, quando submetido a solicitações previstas nas especificações, fragilidade que pode ser inerente ou induzida.
- **Falha de projeto** de um item, devida a projeto inadequado.
- **Falha de fabricação** de um item devida à não-conformidade da fabricação com o projeto ou com os processos de fabricação especificados.
- **Falha por deterioração** que resulta de mecanismos de deterioração inerentes ao item, os quais determinam uma taxa de falha instantânea e crescente ao longo do tempo.
- **Falha repentina** que não poderia ser prevista por um exame anterior ou Monitoração.
- **Falha gradual** devida a uma mudança gradual com o tempo de dadas características de um item. Uma falha gradual pode ser prevista por um exame anterior ou monitoração e pode, às vezes, ser evitada por ações de manutenção.
- **Falha catastrófica** repentina que resulta na incapacidade completa de um item desempenhar todas as funções requeridas.
- **Falha relevante e não relevante** que deve ser considerada na interpretação dos resultados operacionais ou de ensaios, ou no cálculo do valor de uma medida de confiabilidade.

A Taxa de Falha é um indicador que estabelece a relação entre o horário programado para operar e as paradas inesperadas (Mecânica, Elétrica ou Operacional). Caso não existam falhas, obtemos então uma taxa de falha de 0%.

Trata-se de um indicador exclusivo para cada tipo de equipamento e componentes, oferecendo assim a oportunidade de discriminar tipo de falha, motivo, especialidade entre as áreas industriais.

Um exemplo de cálculo médio entre falhas é apresentado na Figura 52.

Figura 52 - Cálculo de Taxa de Falha

Cálculo:

$$Taxa\ de\ Falha\ (\%) = \frac{Tempo\ de\ Parada\ Incidental\ (h)}{Tempo\ de\ Operação\ (h) + Tempo\ de\ Parada\ Incidental\ (h)}$$

Taxa de Falha Operacional = **TFOp**

Taxa de Falha de Manutenção Mecânica = **TFMM**

Taxa de Falha de Manutenção Elétrica = **TFME**

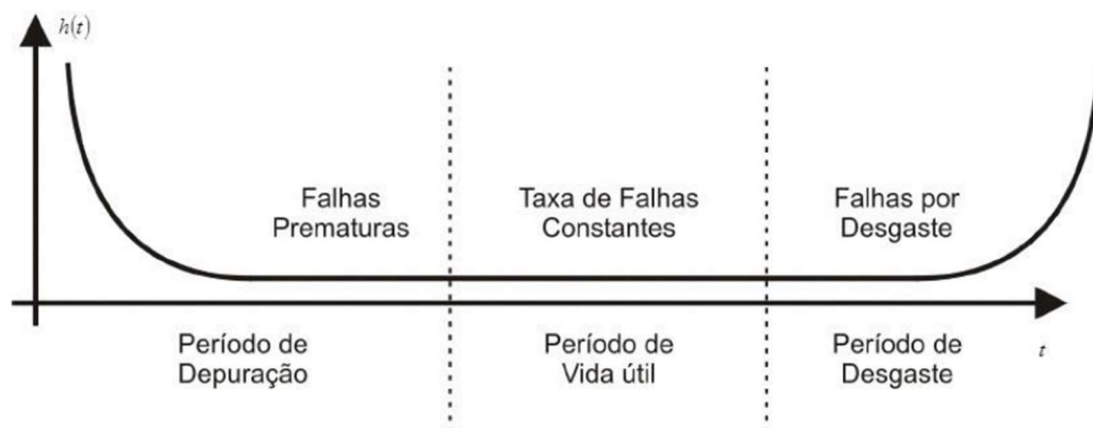
Fonte: Autoria própria (2024)

De acordo Kardec & Nascif, (2001) a função taxa de falha fornece informações importantes a respeito da vida de um equipamento, sua representação gráfica pode ser feita por meio da curva da banheira descrita na Figura 53.

A curva da banheira pode explicar o comportamento de vida de componentes elétricos, mecânicos e sistemas, o que comprova sua importância e grande aplicabilidade em estudos na área da Engenharia da Confiabilidade.

Esta curva apresenta três períodos que fazem parte da vida característica de um equipamento: a mortalidade infantil, a vida útil e o envelhecimento (degradação).

Figura 53 - Curva da banheira



Fonte: Lafraia (2001, p. 16)

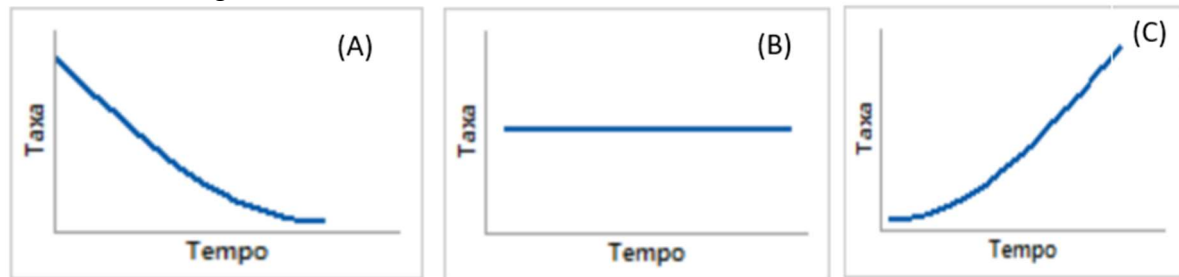
Função de taxa de falha decrescente que indica falhas com maior probabilidade de ocorrência no início da vida de um produto. Um exemplo seria produtos ou peças compostas por metais que enrijecem com o uso e se tornam mais resistentes com o tempo.

Função de taxa de falha constante que indica falhas com a mesma probabilidade de ocorrência durante toda a vida útil do produto. Esse período relativamente constante de baixo risco de falha.

Função de taxa de falha crescente que indica que os itens têm mais probabilidade de falhar com o tempo. Por exemplo, diversos itens mecânicos que são propensos ao estresse ou fadiga têm um risco aumentado de falha durante a vida útil do produto.

Função de taxa de falha em forma de banheira utilizada para análise de vários equipamentos, têm taxas de falha que seguem a curva da "banheira". A taxa de falha é frequentemente alta inicialmente, baixa no centro e alta novamente no final da vida. Assim, a curva resultante dos três períodos de falha frequentemente lembra a forma de uma banheira oferecendo a oportunidade de entender os 03 ciclos de cada fase de um equipamento. O período de falha decrescente podemos atribuir no início de operação de um equipamento novo ou revisado, podemos entender a necessidade de peças sobressalente e se houve algum erro de projeto ou dimensionamento de peças frágeis. Já no período de falha constante e possível avaliar se a durabilidade de peças e ciclos correto de atuação em planos preventivos de equipamentos. No período de taxa de falha crescente, está relacionado ao limite de desgaste admissível de peças e a necessidade de intervenção preventiva e corretiva no equipamento, demonstram quais equipamentos tem apresentado mais criticidade e aparição de falhas, como auxilia na tomada de decisão de melhoria de peças e matérias para buscar elevar a vida útil dos equipamentos trazendo assim maior produtividade de lucratividade para as operações. Nas Figuras 54 podemos ver os 03 ciclos de taxa de falha citados. Curva da banheira para Taxa de Falha (A) Função decrescente (B) Função constante e Função crescente (C).

Figura 54 - Ciclos das taxas de falha da curva da banheira



Fonte: Autoria própria (2024).

Durante o período de aproveitamento profissional, realizou-se a implantação da análise de taxa de falhas nas cadeias de produção do setor de cimenteiro, utilizando a metodologia de diagrama de paretos, utilizado para visualizar e classificar os processos das empresas por ordem e importância, identificando os erros, e diminuindo seus custos, riscos e problemas no produto ou serviço.

Por meio deste acompanhamento, elevou-se confiabilidade da operação direcionando e estratificando qual área tem mais impacto no resultado da cadeia produtiva podendo ser uma taxa de falha mecânica, elétrica ou produção.

E através desta análise da taxa de falha, podemos intensificar a área de atuação e gerar plano de ação para reverter os impactos nos indicadores de confiabilidade da empresa.

Na Figuras 55 e 56, podemos identificar o controle do indicador mensal e anual das taxas de falha dos setores da indústria cimenteira.

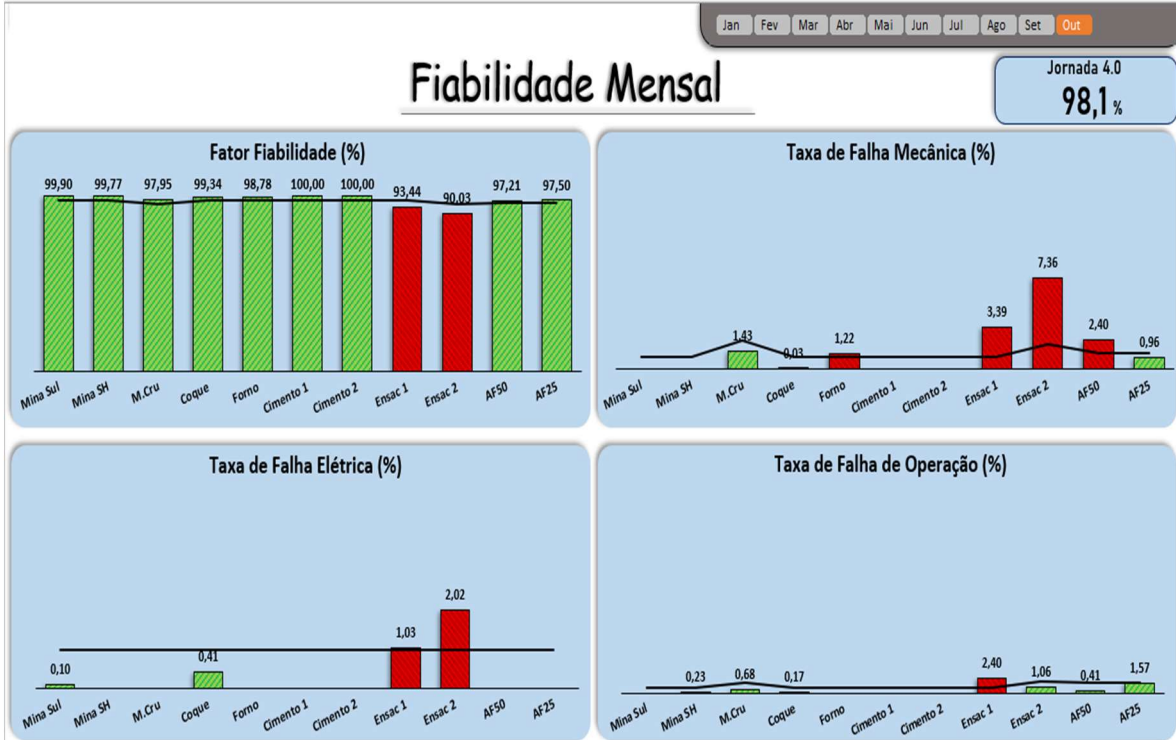
Através deste Pareto evidenciamos que quanto maior for taxa de falha, menor a fiabilidade do setor.

No gráfico de paretos podemos identificar que a meta estabelecida pela empresa e ter no máximo 01% de taxa de falha mecânica, 01% de taxa de falha elétrica e 01% de taxa de falha operacional em cada cadeia produtiva, meta esta que foi estabelecida através de análise de mercado baseada na comparação com outras empresas concorrentes do setor cimenteiro.

A Figura 53, representa o painel dos paretos de taxa de falha mecânica, elétrica e operacional mensal de outubro de 2024 dos setores da empresa. Figura 54

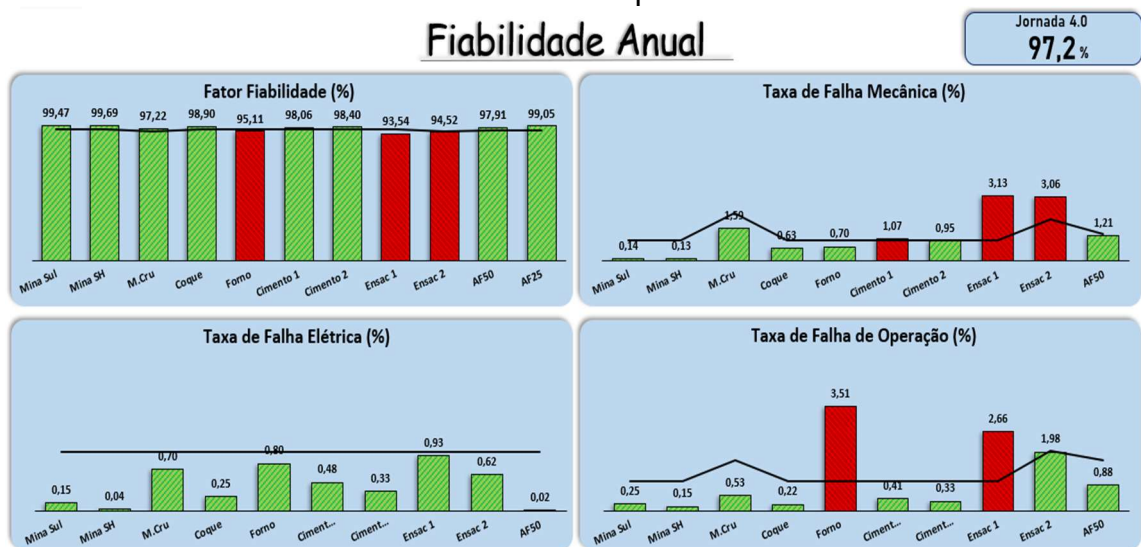
representa os paretos de taxa de falha mecânica, elétrica e operacional anual dos setores da empresa.

Figura 55 - o painel dos paretos de taxa de falha mecânica, elétrica e operacional



Fonte: Aatoria própria (2024).

Figura 56 - Paretos de taxa de falha mecânica, elétrica e operacional anual dos setores da empresa.



Fonte: Aatoria própria (2024).

Através desta estratificação de taxas de falha, a área de engenharia de confiabilidade direciona os recursos necessários para elevar a confiabilidade das operações, como também auxiliar nas análises de falha para eliminar as quebras

incidentais que causaram um aumento na taxa de falha e perda de disponibilidade do equipamento para produção de cimento.

2.3.4.2. Fiabilidade

De acordo com Falconi (2018), a Fiabilidade e a probabilidade de um sistema ou de um componente desempenhar, de uma forma adequada, a função para que foi concebido, nas condições previstas e nos intervalos de tempo em que tal é exigido.

Para Dutra (2009), quando o conceito de fiabilidade é implementado juntamente com a função manutenção, sua aplicação e sistematização surge na forma de manutenção orientada para a confiabilidade, que é uma metodologia para seleccionar as atividades de manutenção de forma sequencial e estruturada para análise e entendimento das variáveis.

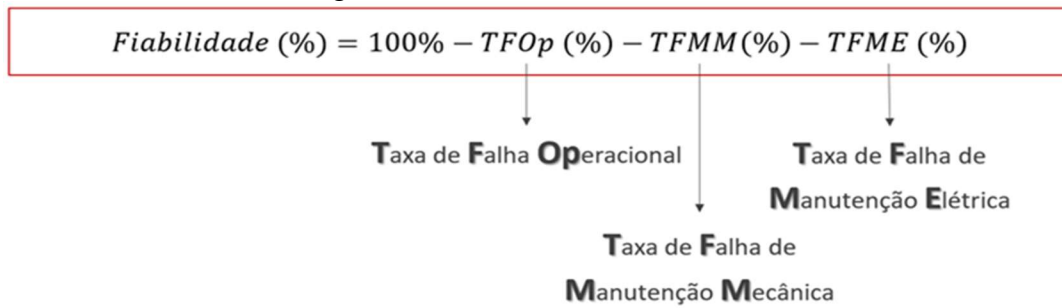
A falta de disponibilidade desses equipamentos para a operação ou até mesmo um defeito pequeno que limite sua condição de produzir pode gerar graves danos na linha de produção, comprometendo qualidade, custos e segurança de processos e pessoas (Machado, 2022).

Para solucionar ditos problemas pode-se adotar uma política de manutenção focada em priorizar e gerir ativos de forma individualizada e assim determinar sua importância no processo produtivo, mapear as causas de suas falhas e prever quais serão as consequências das falhas detectadas.

Na indústria cimenteira realizou-se a implantação de análise de fiabilidade em todas as cadeias produtiva através do diagrama de paretos. Podendo assim medir a eficiência da cadeia em relação ao tempo disponível para operar, correlacionando os impactos das falhas operacionais e de manutenção mecânica e elétrica, na fiabilidade dos setores de produção.

Na Figura 57 podemos identificar o modelo de cálculo de fiabilidade que direcionou a análise de performance de cada setor da indústria cimenteira.

Figura 57 - Cálculo de Fiabilidade



Fonte: Autoria própria (2024)

A função da manutenção é garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção e preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados.

Na Figura 58 podemos acompanhar a evolução mensal do setor da moagem de carvão e coque combustíveis sólidos obtido do processamento de frações do petróleo, neste exemplo podemos evidenciar um setor de produção que tem evoluído para classe A (maior que 97% de fiabilidade anual), representando a eficiência da metodologia de análise de fiabilidade na indústria cimenteira.

Como podemos ver, no digrama de Pareto, tivemos um impacto na fiabilidade do setor de moagem de coque nos meses de abril e maio de 2024, onde o aumento da taxa de falha mecânica e elétrica nos respectivos meses, reduziram a fiabilidade mensal do setor.

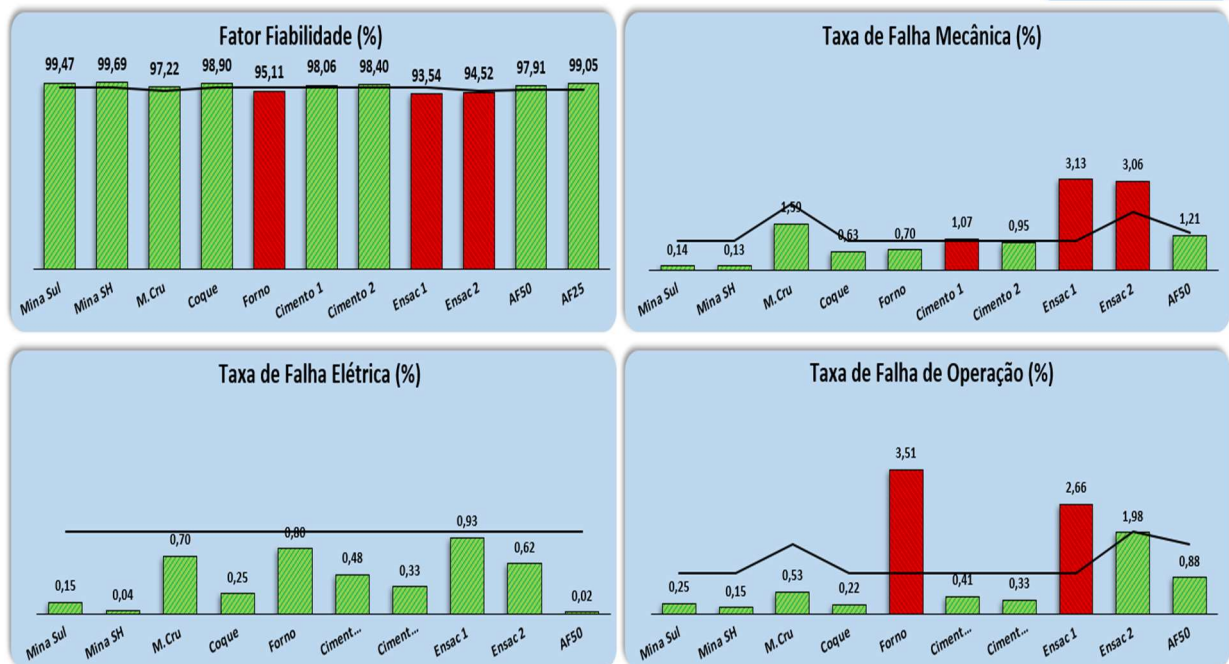
Figura 58 - Pareto de Fiabilidade Anual 2024 Moagem de Coque



Fonte: Autoria própria (2024)

Já na Figura 59 podemos identificar o diagrama de Pareto de todos os 11 setores da unidade, e assim analisar individualmente cada setor de produção, e seus respectivos impactos na fiabilidade e produção industrial de cimento, dados atualizados em 29 outubro de 2024.

Figura 59 - Pareto de Fiabilidade Anual 2024



Fonte: Autoria própria (2024)

Todos estes indicadores acima citados são muito utilizados para medição e gerenciamento dos indicadores de performance dos equipamentos industriais.

Então, qual seria a melhor medição para o acompanhamento e a melhoria do gerenciamento de falhas e o aumento da confiabilidade das operações?

Conforme podemos identificar seriam todas elas, cada métrica oferece uma compreensão diferente e, quando usadas juntas, podem ter uma análise de dados mais detalhada, que auxilia na evolução e sucesso das operações através do gerenciamento de confiabilidade aplicado para pode melhorar e desenvolver processos e equipes.

O MTTR tempo médio para recuperação informa a rapidez com que os sistemas voltam a funcionar.

O tempo médio para reparos e você vai passar a saber o tempo que a equipe está gastando nos reparos e no diagnóstico. Já o tempo médio para a resolução e passe a compreender o escopo completo de correção e resolução de itens além do tempo de inatividade que causam. Considerando o MTBF tempo médio entre falhas, a estratificação de dados vai ficar mais ampla ainda, mostrando o tamanho da efetividade da equipe em prevenir ou reduzir itens futuros, pois o tempo médio sem falhas auxilia a compreender o ciclo de vida completo de um produto ou sistema.

A engenharia de confiabilidade, tem desempenhado um papel fundamental no desenvolvimento de técnicas de gerenciamento de manutenção, ativos e pessoas. Ela utiliza cálculos, estatísticas e probabilidades para prever falhas, otimizar processos e melhorar a tomada de decisões, esses dados fornecem uma base sólida para que os gestores possam tomar decisões mais informadas, equilibrando custos e desempenho, além de garantir a segurança e confiabilidade das operações, reduzindo custos operacionais e maximizar a disponibilidade e o tempo de vida útil dos ativos.

Todos as estatísticas geradas através da engenharia de confiabilidade foram adquiridas através do aprendizado adquiridos no curso de engenharia mecânica onde nas disciplinas de estatísticas, cálculos, elementos de maquinas e manutenção industrial agregaram conceitos utilizados na indústria.

3.AUTOAVALIAÇÃO

3.1 Autoavaliação do Aluno Guilherme de Castro Barros

Foi engrandecedor estar num ambiente real lidando com as imperfeições e dificuldades que ocasionalmente acontecem. Fazer parte de uma equipe de modo a contribuir com o conhecimento técnico me fez refletir o quanto eu posso contribuir no meio profissional graças as associações dos estudos, raciocínio lógico e a realidade que nos cercam.

3.1.1 Desenvolvimento profissional

Com toda certeza as situações vividas me trouxeram experiência e me fizeram refletir sobre o potencial que eu adquiri para atuar no mercado de trabalho.

3.1.2 Desenvolvimento pessoal

O trabalho em grupo me amadureceu, pois eu pude ouvir e dar crédito aos pontos de vistas diferentes do meu, isso me fez pensar como um trabalho pode ser realizado de várias formas e como o trabalho em grupo é essencial para uma organização, lembrando sempre do respeito mútuo e da cordialidade.

3.1.3 Perspectivas de formação contínua

Pretendo fazer uma especialização em soldas.

3.2 Autoavaliação do Aluno Marllon Antônio Alves

Ao refletir sobre minha trajetória, reconheço que desenvolvi habilidades técnicas em gestão de frotas e otimização de recursos, além de melhorar minha comunicação e trabalho em equipe. No entanto, identifico áreas a serem aprimoradas, como a gestão do tempo e a adaptação a mudanças. Estou comprometido em transformar essas reflexões em ações concretas, buscando aprendizado contínuo e superação de desafios.

3.2.1 Desenvolvimento profissional

Esse período foi fundamental para minha formação, permitindo-me adquirir habilidades relevantes para minha carreira. Participei de cursos e vivi uma experiência enriquecedora, aplicando conhecimentos em um ambiente real. Essa busca contínua por aprimoramento fortaleceu minha base técnica e me preparou para os desafios do mercado de trabalho. Estou comprometido em seguir desenvolvendo minhas habilidades por meio de educação contínua e novas experiências

3.2.2 Desenvolvimento pessoal

Durante minha jornada de desenvolvimento pessoal, tive a oportunidade de aprimorar tanto habilidades técnicas quanto interpessoais. A interação com pessoas de diferentes níveis hierárquicos me ensinou a importância da boa comunicação e de adaptar minha fala a cada interlocutor. Além disso, percebi o valor do trabalho em equipe, sempre buscando os melhores resultados. Esse processo também contribuiu para o desenvolvimento da minha comunicação oral e melhorou minha postura durante apresentações.

3.2.3 Perspectivas de formação contínua

Meu objetivo é aprofundar meus estudos em gestão de frotas, buscando especializações e cursos que abordem novas tecnologias, práticas sustentáveis e otimização de recursos. Também pretendo participar de seminários e workshops para

expandir minha rede de contatos e me manter atualizado sobre as tendências do setor. Essa formação contínua será fundamental para enfrentar os desafios futuros na área.

3.3 Autoavaliação do Aluno Michael Rodrigues da Silva

3.3.1 Desenvolvimento profissional

Para crescer na carreira, é essencial que todo profissional invista tempo e dedicação nos estudos, buscando ampliar seus conhecimentos técnicos e vivências práticas dentro de sua área de atuação. Desde o início do curso de engenharia mecânica, procurei-me desenvolver, aprimorando tanto o conhecimento teórico quanto o prático adquirido ao longo da formação, com o objetivo de evoluir cada dia mais profissionalmente.

Esse compromisso foi decisivo para minha trajetória contribuindo para abertura de oportunidades, e na minha capacitação técnica e profissional, onde já posso evidenciar uma evolução na minha carreira profissional.

3.3.2 Desenvolvimento pessoal.

Acredito sempre que meu desenvolvimento pessoal é um processo contínuo de aprendizado. No meu dia a dia tenho buscado me aperfeiçoar dentro de minhas habilidades pessoais em busca de uma qualidade de vida melhor pra mim e para os meus. Porém, entendo que o desenvolvimento pessoal acontece gradualmente e deve ser encarado como o ponto de partida em nossas vidas.

Os conceitos adquiridos durante minha graduação me direcionam na evolução de temas como gestão da confiabilidade de manutenção, gestão qualidade, aplicação de várias ferramentas e metodologia como PDCA, FMEA, análise de falhas, ensaios não destrutivos.

Aplicar os conceitos adquiridos em Engenharia no desenvolvimento de soluções inovadoras e na capacitação de outras pessoas e equipes. Utilizamos o conhecimento acumulado para contribuir com o crescimento pessoal e profissional dos envolvidos, promovendo uma evolução conjunta.

A superação diária desses desafios tem fortalecido continuamente minha resiliência, especialização, competência, sabedoria, disciplina e capacidade de inovação. Esse crescimento reforça ainda mais meu espírito de equipe e liderança, preparando-me para me tornar, no futuro, um líder excelente.

3.3.3 Perspectivas de formação contínua

Minhas perspectivas de formação continuada são de concluir a graduação, realizar uma pós-graduação em gestão de manutenção ou engenharia de confiabilidade na sequência outra pós-graduação de gestão de projetos e gestão de pessoas.

Necessito iniciar e realizar um curso de inglês imediatamente após minha graduação para melhor comunicação e leitura do idioma.

Minha perspectiva de futuro é procurar desenvolver novas habilidades técnicas utilizadas pelas engenharias, e utilizar os conceitos adquiridos para entender pontos fortes e os que precisam ser melhorados dentro de um segmento de manutenção industrial.

Tenho como objetivo pessoal para a futuro a curto prazo iniciar um curso de Power BI e Excel, que no momento se encontra no nível básico e utilizar os conhecimentos adquiridos em controles de indicadores e painel de apresentação de estratificação de dados.

Realizar uma especialização em desenhos e simulações gráficas em sistema CAD-CAM, para poder realizar estudos e apresentações de projetos mecânicos na engenharia da manutenção.

4. Conclusão

4.1. Conclusão de Guilherme de Castro Barros

Eu Guilherme de Castro Barros, depois de todo trabalho realizado, pude ver a luz de consultas em normas, em materiais bibliográficos, em aulas das disciplinas correlacionadas com o tema, debates e trabalhos em equipe, metodologias para análise de causa e melhoria contínua, que fizemos um trabalho muito satisfatório, objetivando a qualidade e o melhor custo para a solução do problema. O peso do aprendizado é imensurável, as pressões, os testes práticos, o tempo o custo, o potencial humano, o empenho e tudo o que envolve um ambiente de trabalho são de fato lições que me marcaram e me fizeram amadurecer. Concluo que o processo ou ato de planejamento nos prepara antecipadamente a uma missão, onde selecionamos os objetivos, identificando as atividades tendo todo cuidado para que os recursos necessários sejam conduzidos para atingir o que foi planejado, dentro de um período determinado (BILHIM, 2008).

4.2. Conclusão de Marllon Antônio Alves

Eu Marllon Antônio Alves, concluo que minha experiência foi verdadeiramente transformadora, permitindo-me aplicar conhecimentos acadêmicos em um ambiente operacional dinâmico. Durante esse período, aprendi práticas essenciais de gestão, como otimização de recursos e normas de segurança, e participei ativamente da coordenação de equipes e da implementação de sistemas de rastreamento. Essa vivência não apenas consolidou minha base prática, mas também fortaleceu meu desejo de seguir carreira na área de gestão de frotas. Estou convicto de que as habilidades adquiridas serão fundamentais para enfrentar os desafios futuros no setor automotivo.

4.3. Conclusão de Michael Rodrigues da Silva

Eu Michael Rodrigues da Silva, concluo e reconheço que obtive um desenvolvimento pessoal e profissional expressivo durante o meu período de graduação e aproveitamento profissional. Como apresentado neste portfólio a engenharia de manutenção e confiabilidade, tem como principal finalidade gerenciar e estratificar os itens que contribuem na probabilidade de um componente, máquina, equipamento ou sistema, desempenhar sua função conforme o projeto e condições de operação, durante um determinado período. Pude aprender na prática como utilizar essa ferramenta tão eficaz, um método com cálculos e análises importantes, durante a implantação do conceito engenharia de confiabilidade na manutenção mecânica na indústria de cimento, conceito e método que pode ser utilizada em diversas áreas da indústria como em: Manutenção de ativos e confiabilidade de manutenção industrial, projeto de fabricação de peças e produtos, análise de processos, dimensionamento de equipamentos.

Durante o processo de implementação e consolidação da Confiabilidade de Manutenção na indústria de cimento, obtivemos excelentes resultados por meio do gerenciamento de indicadores e do envolvimento da engenharia na manutenção. As técnicas adquiridas nas disciplinas de engenharia durante minha graduação contribuíram para o desenvolvimento e ampliação da visão estratégica da manutenção e na capacitação técnica de toda equipe de manutenção. Podemos identificar ações de melhoria na manutenção indústrias e nos resultados da indústria, que tem sido

impulsionado pela utilização da engenharia nos processos de manutenção e nos conceitos de confiabilidade de manutenção industrial.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABECOM. **Manutenção Centrada na Confiabilidade – RCM: o que é?** Disponível em: <https://www.abecom.com.br/rcm-manutencao-centrada-na-confiabilidade/>

Acesso em 20 Nov. 2022

ABRAMAN. **Planejamento e Controle da Manutenção**. Disponível em: <https://abramanoficial.org.br/publicacoes/noticias/planejamento-e-controle-da-manutencao-pcm> .Acesso em 18 de Set. 2024

Acessado em 02 Set 2024

AMERICAN WELDING SOCIETY (AWS). **Código de Soldagem Estrutural – aço**. AWS D1.1. 22 ed. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, ABNT, 1994

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6916: Ferro fundido nodular ou ferro fundido com grafita esferoidal — Especificação. Rio de Janeiro, ABNT, 2017

BILHIM, J. **Estratégias e Planejadores na Administração Pública**. In ISCSP, 2008

BOWEN, J. T. **Principles of Fleet Maintenance Management**. New York: Fleet Management Press, 2010.

BS EN ISO 1071 **Welding consumables - Covered electrodes, wires, rods and tubular cored electrodes for fusion welding of cast iron – Classification** (2015)

CALLISTER, William, D. **Ciência e Engenharia dos Materiais**. Rio de Janeiro: Editora LTC 2002.

CARROLL, A. B. **The pyramid of corporate social responsibility: Toward the moral management of organizational stakeholders**. *Business Horizons*, v. 34, n. 4, p. 39-48, 1991.

COSTA, R. A. **Gestão de Manutenção: Teoria e Prática**. São Paulo: Editora XYZ, 2019.

DALCIN, G. B. **Ensaio dos materiais**. Santo Ângelo: Furi, 2007.

DUTRA, JHONATA T., **Bíblia do RCM**. ENGETELES – Engenharia de Manutenção. 2019. Disponível em meu acervo curso RCM PRO 2020.

DUTRA, JHONATA TELES. **PCM 4.0 Planejamento e Controle de Manutenção na Indústria 4.0** [e-book]. ENGETELES – Engenharia de Manutenção. 2017. Disponível em: <https://engeteles.com.br/>. Acesso em 10/05/ 2019.

DUTRA, JHONATA TELES. **PCM 4.0 Planejamento e Controle de Manutenção na Indústria 4.0** [e-book]. ENGETELES – Engenharia de Manutenção, 2017.

Energia Limpa: O que é, Fontes, Tipos e Importância | Portal Solar

Engeteles. **Manutenção centrada em confiabilidade - RCM**. Disponível em: <<https://engeteles.com.br/manutenção-centrada-na-confiabilidade/>>. Acesso em: 29 Ago. 2024.

Engeteles. **Manutenção em foco**. Disponível em: <<https://www.manutencaoemfoco.com.br/confiabilidade-por-que-e-importante-para-a-manutencao/>> Acessado em: 01 ago.2024.

FALCONI, Vicente. TQC: Controle da qualidade total no estilo Japonês. Nova Lima/MG: Falconi, 2009

FLSMIDTH, **Manual do Separador Dinâmico Sepax 475m-222 Moinho Cimento (Construção, operação e manutenção) 37035-11**, Copenhague: FLSmidth A/S, 2001e.

FOGLIATTO, Flavio Sanson; RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e Manutenção industrial**. Acesso em 29 Ago. 2024

FONTES DE ENERGIA, epe, 02 set 2024. abcd da energia. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/fontes-de-energia>. Acessado em 02 Set 2024

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Global Warming of 1.5 °C: An IPCC Special Report**. Geneva: IPCC, 2018.

JONES, A. **Fleet Management: A Complete Guide to Strategies and Solutions**. London: Fleet Publishing, 2020.

KAIZEN Institute Brasil. **KAIZEN: Baixando os custos e melhorando a qualidade**. São Paulo: Banas Qualidade, 2005

KARDEC, A., NASCIF, J., 2009. Manutenção – Função Estratégica. 3ª ed. Rio de Janeiro, Qualitymark.

KNIGHT, C. R., 1991. Four decades of reliability progress. Proceedings of the Annual Reliability and Maintainability Symposium [S.1]: IEEE Reliability Society. pág. 156 – 159.

KOTLER, P.; LEE, N. **Corporate Social Responsibility: Doing the Most Good for Your Company and Your Cause**. New Jersey: Wiley, 2005.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso. Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobras, 2001.

MACHADO, Simone. Gestão da Qualidade. Inhumas/GO: e-Tec Brasil, 2012.

MAPA DE IRRADIAÇÃO SOLAR, epe,02 set. 2024 abcd da energia. mapa solar. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/abcdenergia/Paginas/MAPA-SOLAR.aspx> .

MEDEIROS, João da Silva. **Controle de Multas e Sinistros em Veículos**. São Paulo: Editora Exemplo, 2017.

MEDEIROS, L. S. **Manutenção Corretiva em Frotas de Veículos**. Rio de Janeiro: Editora ABC, 2017.

MILLER, J. A. **Fuel Management and Cost Control in Fleet Operations**. *International Journal of Fleet Management*, v. 10, n. 2, p. 112-127, 2020.

MONCHY, F. A função manutenção. São Paulo: EBRAS/DURBAN, 1989.

MORGAN, J. **The Importance of Corporate Social Responsibility.** *Harvard Business Review*, 2019.

MOUBRAY, J. RCM II: Manutenção centrada em confiabilidade. Grã Bretanha: Biddles Ltd., Guilford and King's Lynn, 2000. Edição Brasileira.

MOUBRAY, JOHN. **RCM II Reliability-Centred Maintenance.** New York: Industrial Press Inc., 1992

MOUBRAY, John. **Reliability centred maintenance (RCM) – Manutenção Centrada em Confiabilidade.** Edição Brasileira - traduzido por Kleber Siqueira- 2ed. Lutterworth, Inglaterra: Aladon Ltda, 2000.

OLIVEIRA, Alison Luiz; HU, Osvaldo Ramos Tsan. **Gerenciamento do ciclo da qualidade: Como gerir a qualidade do produto - da concepção ao pós-venda.** 1. ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2018

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. **Sistema, Organizações e Métodos: uma abordagem gerencial.** 21. Ed. São Paulo: Atlas, 2013

PANANTEC. **Linha de máquinas de ensaios eletrônicas computadorizada.** (S.I): Panantec, (2017)

PEREIRA, I. P., 2005. Manutenção Centrada na Confiabilidade – Manual de Implementação. Rio de Janeiro, Qualitymark.

PEREIRA, M. R. **Gestão de Frotas: Teoria e Prática.** São Paulo: Editora ABC, 2019.

PINTO, Alan K.; NASCIF, Júlio A. **Manutenção: função estratégica.** 2ª Edição. Rio de Janeiro -RJ: Editora Qualitymark, 2001.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio A. Nascif. **Manutenção: função estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2001.

RCM: Manutenção Centrada na Confiabilidade Disponível em: <abecom.com.br>
Acessado : 29 set 2024.

ROBLES JÚNIOR, Antonio; BONELLI, Valério Vitor. **Gestão da qualidade e do meio ambiente: Enfoque econômico, financeiro e patrimonial**. 1. ED. São Paulo: Atlas, 2012.

RUCKERT, C. O. F. T. **Ensaio mecânicos dos materiais: tração**. São Paulo: USP, (2010)

SANTOS, P. R. **Estratégias de Manutenção Preventiva**. Curitiba: Editora QRS, 2018.

SILVA, T. A. **Controle de Sinistros e Multas em Frotas**. Rio de Janeiro: Editora XYZ, 2020.

SMITH, D. H. **Fleet Management: A Guide to Managing Fleet Operations and Maintenance**. Routledge, 2018.

SMITH, R. **Fuel Management and Fleet Optimization**. New York: Transportation Press, 2018.

SMITH, W.F.; HASHEMI, J. **Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais**. 5 ed. Porto Alegre: AMGH, 2012

SOUZA, G. F. M. Análise de confiabilidade aplicada ao projeto de sistemas mecânicos. São Paulo: Epusp, 2008. Apostila para disciplina de pós-graduação do Departamento de Engenharia Mecatrônica, PMR-5201. Análise de confiabilidade aplicada ao projeto de sistemas mecânicos

SOUZA, G. F. M.; MOLINARI, R. Fundamentos da manutenção de sistemas mecânicos. São Paulo: Epusp, 2008. Apostila para disciplina de pós-graduação do Departamento de Engenharia Mecatrônica, PMR-5235. Fundamentos da manutenção de sistemas mecânicos.

TELES, Jhonata. Diagrama de Pareto na manutenção: Uma ferramenta poderosa! Disponível em: <<https://engeteles.com.br/diagrama-de-pareto-na-manutenção/>> Acesso em: 03 abr. 2024

TELES, Jhonata. **Manutenção Centrada em Confiabilidade: Descubra o que um gestor de manutenção bem sucedido deve saber!** Disponível em:

<https://engeteles.com.br/manutencao-centrada-na-confiabilidade/> Acesso em 19 Nov. 2022

TICKET LOG. **Soluções para Gestão de Frotas**. Disponível em: [URL]. Acesso em: [data de acesso].

TOLEDO, José Carlos de; BORRÁS, Miguel Ângelo A.; MERGULHÃO, Ricardo C.; et al. **Qualidade - Gestão e Métodos**. Rio de Janeiro: LTC, 2012. *E-book*. p.208. ISBN 978-85-216-2195-9. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-216-2195-9/>. Acesso em: 04 nov. 2024.

TOLEDO, José Carlos de; BORRÁS, Miguel Ângelo A.; MERGULHÃO, Ricardo C.; et al. **Qualidade - Gestão e Métodos**. Rio de Janeiro: LTC, 2012. *E-book*. p.204. ISBN 978-85-216-2195-9. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-216-2195-9/>. Acesso em: 04 nov. 2024.

VIANA, HERBERT R. G., **Manual de gestão da manutenção**. 1ª Ed. Brasília: ENGETELES Editora, 2020.

VIANA, HERBERT. R. G. **Fatores de Sucesso na Gestão da Manutenção de Ativos**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Bookstart, 2016.

VIEIRA, Caroline. **Entenda o que é MTBF e MTTR e como calculá-los**. Disponível em: <<https://www.hitecnologia.com.br/entenda-o-que-e-mtbf-e-mttr-e-como-calcula-los/>> Acesso em 15 Out. 2024.

WILLIAMS, M. A. **Effective Fleet Management: Practical Advice for Managing Vehicles and Reducing Costs**. CRC Press, 2019.