

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CAMPUS JARAGUÁ DO SUL - RAU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM FABRICAÇÃO MECÂNICA

MAICON BINSFELD

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA PARA PRIORIZAR A REDUÇÃO DE
FALHAS EM UM PROCESSO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL EM UMA LINHA DE
PRODUÇÃO DE CHAPAS DE ACRÍLICO

JARAGUÁ DO SUL

AGOSTO/2024

MAICON BINSFELD

APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA PARA PRIORIZAR A REDUÇÃO DE
FALHAS EM UM PROCESSO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL EM UMA LINHA DE
PRODUÇÃO DE CHAPAS DE ACRÍLICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica do Campus Jaraguá do Sul – Rau, do Instituto Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do diploma de Tecnólogo em Fabricação Mecânica.

Orientador: Edson Sidnei Maciel Teixeira, Dr.

JARAGUÁ DO SUL

AGOSTO/2024

Binsfeld, Maicon.

Aplicação da ferramenta FMEA para priorizar a redução de falhas em um processo de manutenção industrial em uma linha de produção de chapas de acrílico/ Maicon Binsfeld ; orientação de Edson Sidnei Maciel Teixeira. Jaraguá do Sul, SC, 2024.

79p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul - Rau. Tecnologia em Fabricação Mecânica.

Inclui Referências.

1. FMEA. 2. Planejamento de manutenção. 3. Manutenção preventiva. 4. Fábrica de acrílico. 5. Redução de índice. I. Teixeira, Edson Sidnei Maciel. II. Instituto Federal de Santa Catarina. III. Título.


Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, por meio do programa de geração automática do câmpus Rau, do IFSC

MAICON BINSFELD


APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA PARA PRIORIZAR A REDUÇÃO DE FALHAS EM UM PROCESSO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE CHAPAS DE ACRÍLICO

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Tecnólogo em Fabricação Mecânica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.


Jaraguá do Sul, 14 de agosto de 2024.

Documento assinado digitalmente
 EDSON SIDNEI MACIEL TEIXEIRA
Data: 23/08/2024 11:32:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Edson Sidnei Maciel Teixeira
Orientador
IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU

Documento assinado digitalmente
 CARLOS ROBERTO ALEXANDRE
Data: 30/08/2024 18:47:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Esp. Carlos Roberto Alexandre
IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU

Documento assinado digitalmente
 GIL MAGNO PORTAL CHAGAS
Data: 27/08/2024 20:10:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Gil Magno Portal Chagas
IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU

AGRADECIMENTOS

Àqueles que foram fundamentais na realização deste trabalho, expresso minha mais profunda gratidão:

A minha família pelo amor incondicional, apoio constante e incentivos ao longo de toda minha jornada acadêmica. Vocês foram meu alicerce e fonte de força, e esta conquista é um reflexo do que construímos juntos.

Aos meus professores, cujas orientações e ensinamentos foram essenciais para o meu crescimento pessoal e acadêmico. Suas contribuições foram vitais para o desenvolvimento deste projeto, e sou grato por toda a sabedoria e dedicação que compartilharam comigo.

À Empresa pela oportunidade e suporte durante a realização deste TCC. A experiência prática e o conhecimento adquirido foram inestimáveis, e agradeço a confiança e o espaço concedido para desenvolver este trabalho.

A todos vocês, minha sincera gratidão. Este trabalho é dedicado a cada um que, de forma direta ou indireta, contribuiu para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi demonstrar a aplicação da ferramenta FMEA na orientação dos trabalhos de manutenção, melhoria de máquinas e equipamento em uma linha de produção de chapas de acrílico. A ferramenta FMEA tem como função direcionar a equipe de manutenção a identificar e priorizar falhas potenciais nos equipamentos, sistemas e processos. A utilização desta ferramenta permitiu identificar os índices de falha nos equipamentos presentes na linha de produção e destacou os modos de falha que possuem os maiores potenciais, ou seja, os principais pontos que podem vir a falhar e parar o processo produtivo. Com utilização das informações fornecidas pelo FMEA foi possível propor e realizar ações corretivas, desenvolver manutenções preventivas e preditivas, possibilitando assim a redução da probabilidade da ocorrência de falhas e mesmo que venham a ocorrer, já estão mapeadas para possibilitar a resolução de forma rápida, assim gerando menor impacto no processo produtivo. Tomando como exemplo a possível falha no redutor do elevador, o qual tinha como NPR inicial de 560, foi possível implantar um plano de manutenção preventivo o qual possibilitou a redução do NPR (número de prioridade de risco) para 40. Com esse resultado é provado a eficiência da ferramenta FMEA no dia a dia da manutenção.

Palavras-Chave: FMEA. Planejamento de manutenção. Manutenção preventiva. Fábrica de acrílicos. Redução de índice.

ABSTRACT

The objective of this work was to demonstrate the application of the FMEA tool in guiding maintenance work and improving machines and equipment in an acrylic sheet production line. The FMEA tool's this to direct the maintenance team to identify and prioritize potential failures in equipment, systems and processes. The use of this tool allowed the identification of failure rates in the equipment present in the production line and highlighted the failure modes that have the greatest potential, that is, the main points that could fail and stop the production process. Using the information provided by the FMEA, it was possible to propose and carry out corrective actions, develop preventive and predictive maintenance, thus making it possible to reduce the probability of failures occurring and even if they do occur, they are already mapped to enable quick resolution, thus generating less impact on the production process. Taking as an example the possible failure of the elevator reducer, which had an initial NPR of 560, it was possible to implement a preventive maintenance plan which made it possible to reduce the NPR (risk priority number) to 40. This result proves the efficiency of the FMEA tool in everyday maintenance.

Keywords: FMEA. Maintenance planning. Preventive maintenance. Acrylic factory. Index reduction.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Evolução da Manutenção..... | 13 |
| Figura 2 - Tipos de Manutenção..... | 17 |
| Figura 3 - Formulário FMEA..... | 27 |
| Figura 4 - Metodologia Utilizada..... | 31 |
| Figura 5 - Fluxograma do maquinário. | 32 |
| Figura 6 - Formulário FMEA..... | 34 |
| Figura 7 - Comparativo NPR Mesa de Inspeção..... | 38 |
| Figura 8 - Planos de Manutenção Elevadores..... | 39 |
| Figura 9 - Análise de Vibração..... | 40 |
| Figura 10 - Valores de viração referencia..... | 40 |
| Figura 11 - Comparativo NPR Elevadores..... | 41 |
| Figura 12 - Planos de Manutenção Mesa de Desmoldagem..... | 42 |
| Figura 13 - Comparativo NPR Mesa de Desmoldagem..... | 43 |
| Figura 14 - Planos de Manutenção Mesa de Moldagem..... | 45 |
| Figura 15 - Comparativo NPR Mesa de Moldagem..... | 46 |
| Figura 16 - Comparativo NPR Mesa de Fixação de Pinça..... | 47 |
| Figura 17 - Planos de Manutenção Mesa de Envase..... | 49 |
| Figura 18 - Comparativo NPR Mesa de Envase..... | 50 |
| Figura 19 - Planos de Manutenção Mesa de Envase..... | 51 |
| Figura 20 - Comparativo NPR Mesa de Extração de Ar..... | 51 |
| Figura 21 - Comparativo NPR Médio Linha de Produção..... | 52 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Definição dos pilares da TPM..... | 24 |
| Tabela 2 - Principais Conceitos do FMEA | 25 |
| Tabela 3 - Etapas para construção do FMEA..... | 25 |
| Tabela 4 - Valores para elementos do NPR – Viana (2022) | 26 |
| Tabela 5 - Valores para elementos do NPR - Kardec e Nascif (2019)..... | 26 |
| Tabela 6 - Máquinas Linha Acrílica..... | 33 |
| Tabela 7 - Valores para elementos do NPR..... | 35 |
| Tabela 8 - Identificação Tomada..... | 36 |
| Tabela 9 - Melhoria passagem de cabos..... | 37 |
| Tabela 10 – FMEA Final - Mesa de inspeção | 37 |
| Tabela 11 – FMEA Final - Elevadores..... | 41 |
| Tabela 12 - FMEA Final - Mesa de Desmoldagem | 43 |
| Tabela 13 - FMEA Final - Mesa de Moldagem..... | 45 |
| Tabela 14 - Instalação Filtro de Linha..... | 47 |
| Tabela 15 - FMEA Final - Mesa Fixação Pinças | 47 |
| Tabela 16 - Instalação Proteção Painel Balança | 48 |
| Tabela 17 - FMEA Final - Mesa de Envase | 49 |
| Tabela 18 - FMEA Final - Mesa de Extração de Ar..... | 51 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- FMEA – Análise de Modos de Falha e seus Efeitos (Failure Mode and Effect Analysis)
- HMC – Horas de Manutenção Corretivas
- HP – Horas Produtivas Programadas
- IFSC – Instituto Federal de Santa Catarina
- MBR – Manutenção Baseada em Risco
- MCC – Manutenção Centrada na Confiabilidade
- NBR – Norma Brasileira
- NPR – Número de Prioridade de Risco
- TMEF – Tempo Médio Entre Falhas
- TMPF – Tempo Médio Para Falha
- TMR – Tempo Médio de Reparo
- TPM – Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance)

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 1.1 Objetivos | 11 |
| 1.1.1 Objetivo geral | 11 |
| 1.1.2 Objetivo específico | 11 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 12 |
| 2.1 História da manutenção..... | 12 |
| 2.1.1 Primeira geração | 13 |
| 2.1.2 Segunda geração | 14 |
| 2.1.3 Terceira geração..... | 14 |
| 2.1.4 Quarta geração | 15 |
| 2.1.5 Quinta geração..... | 16 |
| 2.2 Tipos de manutenção | 16 |
| 2.2.1 Manutenção Preventiva..... | 17 |
| 2.2.1.1 Manutenção Preventiva Sistemática | 18 |
| 2.2.1.2 Manutenção Preventiva Condicional | 19 |
| 2.2.2 Manutenção Corretiva | 20 |
| 2.2.2.1 Manutenção Corretiva Emergencial | 20 |
| 2.2.2.2 Manutenção Corretiva Planejada | 21 |
| 2.2.3 Manutenção Preditiva..... | 21 |
| 2.3 TPM – Manutenção produtiva total..... | 23 |
| 2.4 Análise do modo e efeito de falha - FMEA | 24 |
| 2.5 Indicadores de Manutenção | 27 |
| 2.5.1 TMEF – Tempo médio entre falhas..... | 28 |
| 2.5.2 TMR – Tempo médio de reparo | 28 |
| 2.5.3 TMPF – Tempo médio para falha | 29 |
| 2.6 Trabalhos sobre FMEA publicados..... | 29 |
| 3 METODOLOGIA..... | 31 |
| 3.1 Apresentação da linha de produção | 31 |
| 3.2 Apresentação das máquinas estudadas..... | 32 |
| 3.2 Aplicando o FMEA..... | 34 |
| 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS..... | 36 |
| 4.1 Mesa de Inspeção | 36 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 4.2 Elevadores | 38 |
| 4.3 Mesa de Desmoldagem..... | 42 |
| 4.4 Mesa de Moldagem..... | 44 |
| 4.5 Mesa de Fixação de Pinça | 46 |
| 4.6 Mesa de Envase..... | 48 |
| 4.7 Mesa de Extração de Ar | 50 |
| 4.8 Resultado Final | 52 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 53 |

1 INTRODUÇÃO

Com crescente competitividade no mercado, as empresas buscam cada vez mais melhorar a qualidade de seus produtos, reduzir custos, reduzir tempo de produção e aumentar sua produtividade, a fim de atender seus clientes. As manutenções de ativos têm um grande papel nessa evolução, pois manutenções mais assertivas reduzem custos, geram uma maior segurança na operação, qualidade dos produtos, produtividade, redução no prazo de entrega e aumento de confiabilidade nas máquinas.

Tendo essa visão em mente, neste trabalho buscou-se analisar as possíveis falhas que poderiam interromper o processo de produção de uma linha de chapas acrílicas. Para tornar isso possível foi realizado a aplicação da ferramenta FMEA, a qual tem como função auxiliar na identificação de possíveis falhas, além de evidenciar quais os pontos com maiores índices de falhar e interromper o processo envolvido.

A utilização da ferramenta FMEA destacou os principais modos de falhas em cada equipamento estudado, possibilitou a realização de melhorias nos subconjuntos com maiores índices de risco e direcionou a realização de planos de manutenção preditivos e preventivos para cada equipamento.

A realização de todas as ações sugeridas no estudo contribuiu para uma melhora no desempenho dos equipamentos, aumentando a sua confiabilidade, disponibilidade e diminuindo a probabilidade de falhar.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Demonstrar a aplicação da ferramenta FMEA para priorizar a redução de falhas em um processo de manutenção industrial em uma linha de produção de chapa de acrílico.

1.1.2 Objetivo específico

- Avaliar os índices de riscos atuais com a aplicação da ferramenta FMEA nos equipamentos da linha estudada;
- Realizar melhorias nos subconjuntos dos equipamentos com maiores índices de risco;
- Apresentar as melhorias e comparar os novos índices de risco após as modificações.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 História da manutenção

Manutenção do latim *Manutencio* a qual é formada por *manus* (mão) e *tenere* (agarrar, segurar) ou seja, manutenção significa ter na mão, manter o que se tem, estando presente desde que se começou a utilizar os primeiros instrumentos de produção. Para Monnchy (1989) a palavra manutenção vem de um vocabulário militar, o qual significava conservar os homens e seus materiais em um nível constante de operação.

Visualizando tudo que está ao redor: estradas, veículos, redes de energia, móveis, eletrônicos em geral, máquinas, entre outras coisas, precisam ser mantidos em funcionamento, e os meios utilizados para tornar isso possível é que constituem a manutenção.

[...] podemos definir manutenção como o conjunto das ações destinadas a assegurar o bom funcionamento das máquinas e instalações, garantindo que são intervencionados nas oportunidades e com alcance certos, de acordo com as boas práticas técnicas e exigências legais, de forma a evitar a perda de função ou redução do rendimento e, no caso de tal acontecer, que sejam repostas em boas condições de operacionalidade com a maior brevidade, e tudo a custo global otimizado. [...]

(CABRAL et al., 2021, p. 03)

Conforme levantado por Viana (2022), após a Revolução Industrial no final do século XVIII, houve um aumento significativo na capacidade de fabricação dos bens de consumo. Já no século XX houve várias revoluções peculiares no campo da tecnologia, cada vez mais rápidas e impactantes no modo de vivência do homem.

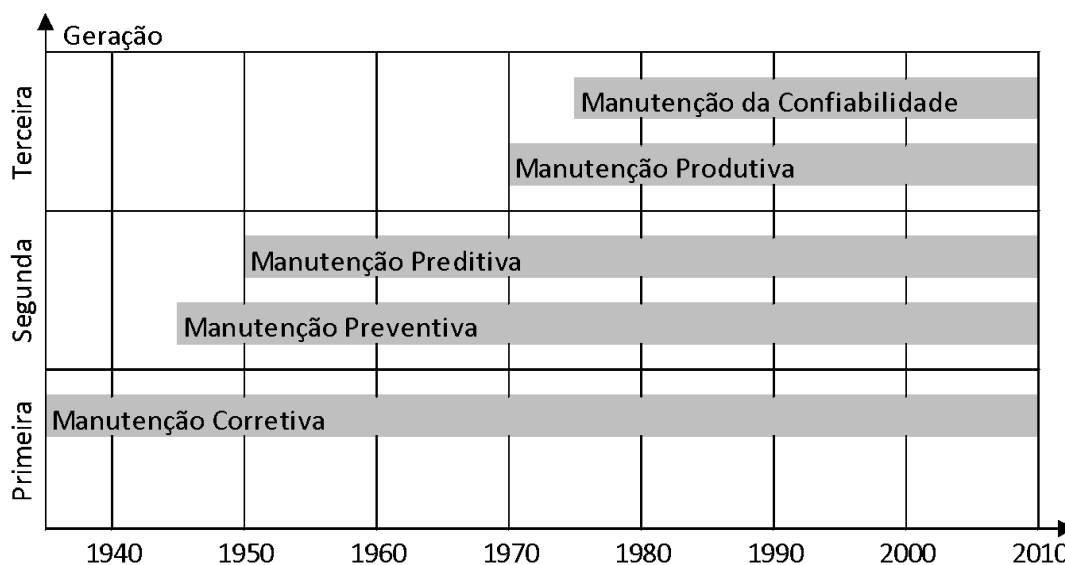
A função manutenção surge efetivamente nas organizações produtivas com a migração dos processos artesanais para processos mecanizados. O maior exemplo foi a migração dos teares manuais para teares mecânicos, por volta do século XVIII. Viana (2022) levanta que durante este primeiro período o fabricante do maquinário era responsável por ministrar os treinamentos dos novos operadores, instruindo-os a operar e a manter o equipamento, ou seja, no princípio os operários realizavam o papel de operadores e mantenedores, não havendo uma equipe destinada às manutenções dos maquinários.

Viana (2022) também indica que, por volta de 1900 surgiram as primeiras técnicas de planejamento de serviço com Frederick Taylor e Thomas Friedman, em seguida, à implantação do gráfico de Gantt na manutenção.

Para Siqueira (2012) a história da manutenção é dividida em três gerações distintas, denominadas conforme abaixo temporalmente na Figura 1.

- Primeira Geração – Mecanização
- Segunda Geração – Industrialização
- Terceira Geração – Automatização

Figura 1 - Evolução da Manutenção



Fonte: Siqueira (2012)

2.1.1 Primeira geração

Para Siqueira (2012) a primeira geração ocorreu entre 1940 e 1950. Durante este período a manutenção industrial era iniciante ainda, as máquinas eram simples e superdimensionadas para seu uso. Nesta época as manutenções eram realizadas somente quando apresentavam defeitos, os quais eram minimizados devido ao sobredimensionamento. As manutenções planejadas eram pouco existentes, restringindo-se a atividades rotineiras, como lubrificação e limpezas. Não havendo nenhum processo estruturado de rotina ou método de manutenção implantado.

Neste mesmo período teve o início da criação das primeiras equipes especializadas em realizar reparos, a qual foi impulsionada pela fabricação em série implantada na fábrica da Ford.

Para Kardec e Nascif (2019) a primeira geração da manutenção abrange o período anterior a Segunda Guerra Mundial onde os maquinários e equipamentos eram simples e superdimensionados. Neste período a produtividade não era tão exigida, assim não sendo aplicada uma manutenção sistematizada, apenas eram

realizados reparos após a quebra. A visão era que todos os equipamentos se desgastavam com o passar dos anos vindo a sofrer falhas ou quebras.

2.1.2 Segunda geração

Conforme Kardec e Nascif (2019), a segunda geração da manutenção teve início após a Segunda Grande Guerra, entre 1950 e 1970. Durante este período ocorreu uma explosão na demanda de todos os tipos de produtos e uma baixa na quantidade de mão de obra industrial. Estes fatores impulsionaram o forte aumento da mecanização e o início da complexidade das instalações industriais.

Segundo Siqueira (2012), com o aumento na industrialização do pós-guerra, a qual foi focada principalmente na propagação das linhas de produção contínuas, registrou-se a primeira falta de mão de obra especializada causada pela rápida implantação da automação industrial. A falta da mão de obra especializada gerou um aumento nas manutenções para correção de falhas. Com este aumento de intervenções da manutenção teve um aumento no tempo de máquina parada dando impacto no processo produtivo. Com isso percebeu-se a necessidade de aumentar a disponibilidade dos maquinários e também o aumento de sua vida útil, dando início a implantação da manutenção preventiva.

Siqueira (2012) também afirma que todos os fatos acima citados motivaram o esforço científico em pesquisa e desenvolvimento dos métodos de manutenção preventiva, destinados à mitigação dos impactos das falhas no processo produtivo. Em meados de 1970 as técnicas de manutenção foram organizadas e integradas pela Manutenção Produtiva Total (TPM – Total Productive Maintenance), seguindo as técnicas de Qualidade Total desenvolvidas pelos japoneses.

Com a elevação das intervenções de manutenção elevaram seus custos em comparação com os outros custos operacionais. Para Kardec e Nascif (2019) esse fato influenciou diretamente no aumento dos sistemas de planejamento e controle de manutenção.

2.1.3 Terceira geração

As técnicas desenvolvidas na segunda geração da manutenção apresentavam algumas falhas diante a evolução da automação industrial, estas falhas impulsionaram a terceira geração da manutenção, a qual teve início em meados de 1975, conforme menciona Siqueira (2012). Ele também afirma que foi nesta geração iniciou-se o

dimensionamento de maquinários no limite do processo produtivo, ou seja, os maquinários que eram robustos, passaram a ser fabricados de acordo a necessidade produtiva deixando-os mais sujeitos a quebra, aumentando assim a importância de uma manutenção mais assertiva. Este processo de redimensionamento foi impulsionado pela elevação dos custos de mão de obra e de capital. A sociedade passou a exigir maior qualidade, garantia e desempenho elevado dos produtos, além do sistema just-in-time ter a consequência de aumentar a necessidade da disponibilidade dos equipamentos, já que o mesmo foca em estoques reduzidos de subprodutos. Esta terceira geração estende-se até os dias atuais.

Conforme Kardec e Nascif (2019), o aumento na ocorrência das falhas provoca serias consequências na segurança e no meio ambiente, consequentemente as exigências nestas áreas começaram a aumentar consideravelmente. Essas exigências foram tão grandes que as plantas atuais não atendiam os novos padrões e assim foram impedidas de funcionar.

Para Kardec e Nascif (2019) as principais ocorrências na terceira geração foram:

- Foi reforçado a implantação do sistema de manutenção preditiva;
- Com o avanço na informática foi desenvolvido novos softwares para controles de manutenção;
- O conceito confiabilidade ganha força tanto na engenharia como na manutenção;
- Início da implantação do processo de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) no Brasil;
- O início da busca por maior confiabilidade no desenvolvimento de novos projetos. A qual ainda é precária devido à falta de interação entre engenharia, manutenção e produção.

2.1.4 Quarta geração

Kardec e Nascif (2019) levanta a existência ainda de uma quarta geração da manutenção a qual ainda mantém os principais objetivos da terceira geração, confiabilidade e disponibilidades dos ativos, redução de falhas imprevistas e redução do custo de máquina parada. Nesta quarta geração houve um aumento na preocupação com a segurança no trabalho, gerenciamento dos ativos e aumento na influência da manutenção nos resultados do negócio. Kardec e Nascif citam as principais mudanças nas técnicas de manutenção:

- Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição;
- Redução na manutenção preventiva e corretiva não planejada;
- Análise das falhas;
- Técnicas de confiabilidade;
- Manutenibilidade;
- Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade;
- Contratação por resultados;

2.1.5 Quinta geração

Kardec e Nascif (2019) levanta a existência ainda de uma quinta geração da manutenção a qual ainda mantém os principais objetivos da quarta geração, confiabilidade e disponibilidades dos ativos, redução de falhas imprevistas e redução do custo de máquina parada, segurança no trabalho, gerenciamento dos ativos e aumento na influência da manutenção nos resultados do negócio. Kardec e Nascif (2019) citam as principais mudanças da manutenção nesta quinta geração:

- Aumento na preocupação com o otimizar dos ciclos de vida do ativo;
- Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição online e off-line;
- Participação efetiva no projeto, aquisição, instalação, comissionamento, operação e manutenção dos ativos;
- Garantir que os ativos operem dentro de sua máxima eficiência;
- Implementar melhorias objetivando a redução de falhas;
- Excelência em engenharia de manutenção;
- Consolidação de contratação por resultados;

2.2 Tipos de manutenção

Quanto aos tipos de manutenção, variam de acordo com o autor de cada literatura, por exemplo para Cabral et al. (2021) a manutenção é dividida em manutenção corretiva urgente, corretiva diferida, preventiva sistemática, preventiva condicionada e melhoria. Já para Viana (2022) a manutenção é dividida em manutenção corretiva emergencial, corretiva planejada, preventiva sistemática e preventiva sob condição.

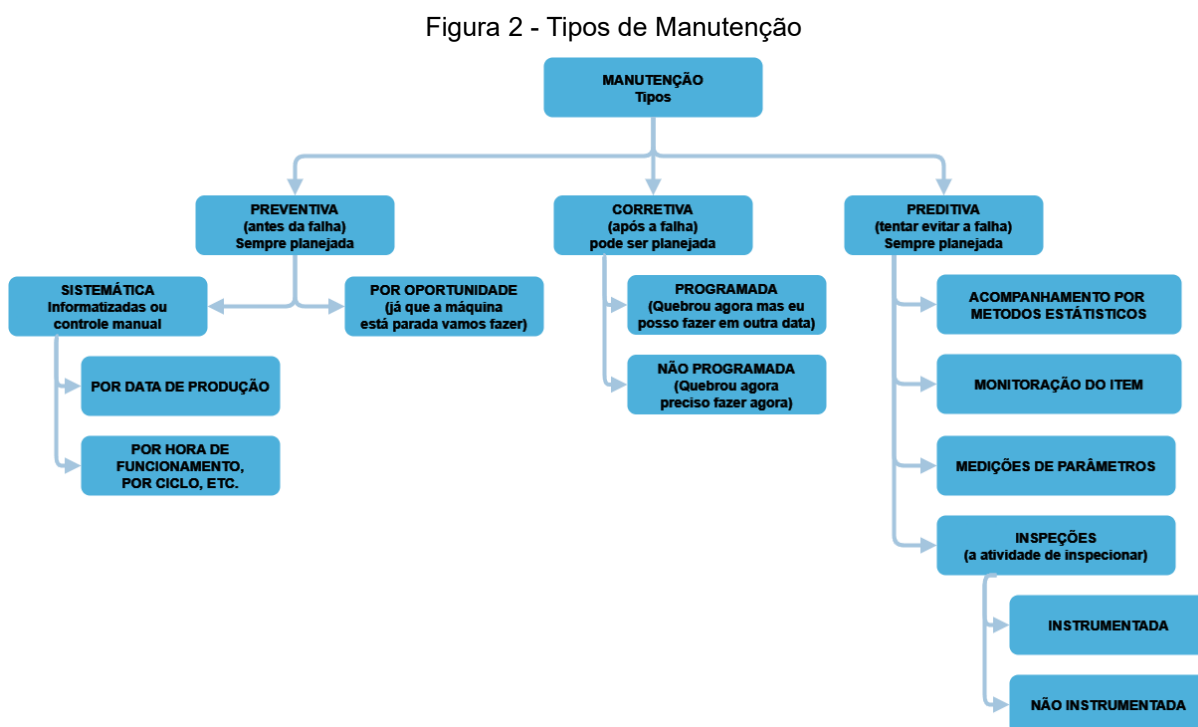
Existem diversas estratégias de manutenção possíveis para alcançar as metas, sendo as mais comuns, Manutenção Corretiva, Manutenção Preventiva, Manutenção

Preditiva, Capacitação da Equipe, etc. As quais podem ser aplicadas individualmente, porém o melhor rendimento é a aplicação de todas elas de modo balanceado em cada caso (BRANCO FILHO, 2008).

Viana (2022) levanta que alguns fatores devem ser levados em conta para definir a melhor estratégia de manutenção industrial.

- Recomendações do fabricante;
- Segurança do trabalho e meio ambiente;
- Características do equipamento;
- Fatores econômicos;

Com base nestas literaturas, este trabalho divide a manutenção em 3 principais tipos os quais serão abordados de modo detalhado, conforme a Figura 2.



Fonte: Autor (2022)

2.2.1 Manutenção Preventiva

É a manutenção realizada com o objetivo de evitar falhas, perda ou redução de função, ou seja, é todo serviço realizado em máquinas que não estão em falhas ou que tenham defeitos que não afetam as suas funções. Conforme Monchy (1987), “é a manutenção efetuada com intenção de reduzir a probabilidade de falha de um bem ou degradação e um serviço prestado”.

Segundo Xenos (1998), a manutenção preventiva é o coração das atividades de manutenção e deve ser a principal atividade de manutenção realizada em qualquer empresa. Se comparado a manutenção corretiva, tem maior custo pois realiza a substituição de componentes mesmo que não estando no limite de sua vida útil. Mas para compensar ela reduz a parada de produção por quebra de máquinas.

Almeida (2014) considera que a manutenção preventiva é a manutenção planejada e controlada, sendo realizada em datas predeterminadas, a fim de manter o equipamento em perfeitas condições de funcionamento e conservação. É possível realizar um planejamento de manutenção utilizando históricos de intervenções corretivas já realizadas e informações sobre a vida útil das peças, as quais são fornecidas pelos fabricantes. Almeida (2014), também cita cinco vantagens da manutenção preventiva.

- Equilibrar a utilização de recursos humano;
- Eliminar tempos de espera para comprar peças;
- Confiabilidade de prazos no sistema de produção;
- Satisfação do cliente;
- Gestão ambiental;

Wyrebski (1997) cita 3 desvantagens da manutenção preventiva:

- Requer um quadro (programa) bem montado;
- Requer uma equipe de mecânicos eficazes e treinados;
- Requer um plano de manutenção bem elaborado.

Viana (2022) dividiu a manutenção preventiva em duas categorias: Manutenção Preventiva Sistemática e Manutenção Preventiva Condicional.

2.2.1.1 Manutenção Preventiva Sistemática

Trata-se das manutenções realizadas em intervalos predeterminados (tempo, horas, quilômetros, etc.) ou de acordo com critérios predeterminados. Esse tipo de manutenção busca reduzir a possibilidade de ocorrer falhas que parem a linha de produção.

Conforme Viana (2022), esse tipo de planejamento da manutenção traz diversas vantagens para o meio fabril com relação às corretivas, por exemplo um almoxarifado mais enxuto e eficiente por meio de um plano preventivo bem elaborado

e consolidado. Assim, quando vir a ocorrer a falha já tem a peça no estoque reduzindo o tempo de máquina parada.

Viana (2022) complementa que através da manutenção preventiva sistemática é possível melhorar os métodos de manutenção, já que a mesma possibilita a visualização das intervenções que se repetem e com esses dados é possível atualizar as pautas do equipamento gerando a intervenção anterior a ocorrência de falha.

2.2.1.2 Manutenção Preventiva Condicional

Viana (2022) trata como manutenção preventiva condicional as manutenções realizadas anteriormente à falha, as quais são definidas através da observação das condições do equipamento e embasados em parâmetros técnicos. Essa manutenção tem como origem os dados adquiridos através de inspeções dos equipamentos. Viana divide a manutenção preventiva condicional em 3 tipos, Inspeção Sensitiva, Inspeção Preditiva e Acompanhamento por Telemetria.

É considerado inspeção sensitiva um monitoramento das condições do equipamento através da visão, audição, tato e olfato de uma pessoa devidamente treinada (por experiência ou treinamento) no processo de manutenção. Pode utilizar como apoio ferramentas de metrologia, como paquímetro, trena, entre outros.

Inspeção preditiva visa acompanhar o desgaste do equipamento e componentes por meio de ensaios não destrutivos ou por controle estático, buscando prever a próxima falha ou defeitos. Seu principal objetivo é definir o tempo correto para intervenção mantenedora utilizando os componentes até o máximo de sua vida útil e reduzindo os custos com manutenções excessivas. Dentre as técnicas utilizadas destacam-se Ensaio por ultrassom; Análise de vibrações mecânicas; Análise de óleos lubrificantes e Termografia.

Já o acompanhamento por Telemetria é o monitoramento em tempo real de um equipamento através de instrumentos como por exemplo pressostato, termopares, acelerômetros, dentre outros. Os dados fornecidos por estes instrumentos são analisados por técnicos ou software assim sendo possível detectar falhas ocultas. Com o levantamento destas falhas é possível planejar uma manutenção corretiva com antecedência e evitando atrasos no processo produtivo.

2.2.2 Manutenção Corretiva

Segundo Viana (2022) manutenção corretiva trata-se de toda atividade mantenedora realizada após a ocorrência de uma falha, também pode ser considerada a atividade que busca deixar o equipamento em condições de realizar suas atividades.

A Norma NBR-5462 (1994) define manutenção preventiva como “Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”.

Para Gregório e Silveira (2018) existem duas condições que direcionam a manutenção corretiva.

- Desempenho deficiente identificado por meio do monitoramento de algum parâmetro do equipamento;
- Ocorrência de falha.

O uso somente da manutenção corretiva dentro das organizações leva a uma lenta, mas contínua degradação dos ativos, redução de produtividade, risco à integridade das instalações, riscos ambientais e riscos à segurança dos trabalhadores. Como os trabalhadores realizam suas atividades se preocupando com a próxima falha, eles tendem a fazer improvisações e aumentam consideravelmente o risco da ocorrência de um acidente (BRANCO FILHO, 2008).

Observa-se que, indiferente da situação, a manutenção corretiva omite o caráter de planejamento. No entanto, a corretiva em determinadas situações pode ser planejada. Assim Viana (2022) e Branco Filho (2008) dividem a manutenção corretiva em Corretiva Emergencial e Corretiva Planejada.

2.2.2.1 Manutenção Corretiva Emergencial

Manutenção corretiva emergencial é a ação mantenedora realizada de forma imediata a fim de evitar graves consequências aos colaboradores, aos equipamentos, aos processos produtivos e ao meio ambiente (VIANA, 2022).

Para Gregório e Silveira (2018), a manutenção corretiva emergencial é o reparo, troca ou restauração realizado no momento que a falha ocorre, ou seja, a falha acontece agora e o reparo deve ser realizado neste exato momento. Este tipo de manutenção traz algumas desvantagens.

- Altos custos;
- Perdas de produção;
- Redução da qualidade do produto;
- Aumento dos custos indiretos de manutenção.

2.2.2.2 Manutenção Corretiva Planejada

Manutenção corretiva planejada leva em consideração o conhecimento prévio da falha ou pane por meio de inspeções preventivas e preditivas e assim possibilitar o planejamento para realização da atividade mantenedora antes da falha, mitigando os impactos no processo produtivo (VIANA, 2022).

Viana também (2022) levanta outros fatores que permitem a aplicação de uma manutenção corretiva planejada, os quais são:

- Existência de ativos em redundância, onde a retirada do ativo em falha do processo produtivo não gera impactos significativos.
- Quando a falha toma proporções grandes impossibilitando a manutenção corretiva emergencial ou de grande dificuldade para resolução.

Ainda que estes fatos não estejam devidamente especificados nas normas de manutenção, Cabral et al. (2021) levanta que é de suma importância realizar a análise apropriada para definir a natureza adequada da avaria, dentre as seguintes:

- Avaria intrínseca: Perda de função por desgaste do próprio equipamento, ou seja, vida útil de seus componentes, por exemplo rolamento com ruído.
- Avaria extrínseca: Perda de função por anomalias externas ao equipamento, por exemplo colisões, efeitos ambientais entre outros.

2.2.3 Manutenção Preditiva

A NBR 5462 tem como definição de manutenção preditiva a manutenção que através de técnicas de análise e supervisão centralizado ou amostragem reduz a necessidade de manutenções preventivas e corretivas.

Para Kardec e Nascif (2019) a manutenção preditiva tem como objetivo prevenir paradas de produção através de parâmetros diversos, assim permitindo que o equipamento funcione pelo maior tempo possível. A manutenção preventiva não afeta a disponibilidade do equipamento pois o levantamento de informação não causa interrupção do funcionamento do equipamento.

Manutenção Preventiva nada mais é que um monitoramento objetivo dos ativos. Consiste em tarefas que visam monitorar a máquina ou peça através de medições ou controles estatísticos buscando prever a próxima falha. Seu principal objetivo é determinar o intervalo de tempo entre intervenção mantenedora, assim utilizando o ativo ou peças até o máximo de sua vida útil. Ensaio de ultrassom, análise de vibrações, termografia e análise de óleos, estes seriam alguns tipos de manutenções preditivas (VIENA, 2022, p.19).

Almeida (2014) afirma que através da manutenção preditiva é possível avaliar a real condição do ativo de acordo com os dados obtidos. Os principais objetivos são:

- Determinar antecipadamente a necessidade da intervenção da manutenção, possibilitando a utilização das peças até o máximo da vida útil;
- Analisar os fenômenos através de equipamentos sem a necessidade de desmontagem da máquina;
- Aumentar o tempo de disponibilidade do ativo;
- Evitar emergências e transtornos causados por paradas imprevistas;
- Evitar que um defeito se propague aos demais componentes do ativo;
- Reduzir custos e garantir a qualidade dos produtos ou serviços prestados.

Almeida (2014) também levanta sete principais vantagens da manutenção preditiva;

- Aproveitamento da vida útil do ativo;
- Planejamento e controle do estoque de peças;
- Diminuição do custo com reparos;
- Aumento da eficiência do ativo e maior produtividade;
- Melhora nas condições de segurança no trabalho;
- Maior credibilidade dos produtos ou serviços prestados pela empresa;
- Programa de melhoria profissional.

2.3 TPM – Manutenção produtiva total

Após a segunda guerra mundial, empresas japonesas desenvolveram várias ferramentas para organizar suas finanças, infraestrutura e gerar mais empregos, já que seu povo estava sem condições de adquirir suas necessidades básicas. Neste período foi desenvolvido o conceito de manutenção produtiva total (TPM) a qual abrange os programas já existentes, manutenção preventiva e preditiva, inclui de novo os programas de treinamento aos operários, os quais passam a realizar o monitoramento de sua máquina e executam operações simples de manutenção, como limpeza e lubrificação (ALMEIDA, 2014).

Kardec e Nascif (2019) afirmam que em 1970, devido ao desequilíbrio econômico-social tornou o mercado mais rigoroso, obrigando as empresas a se moldarem mais competitivas para sobreviverem. As empresas foram obrigadas a eliminar desperdícios, aumentar ao máximo o desempenho dos equipamentos, reduzir paradas por falhas, redefinir perfil conhecimento e habilidades dos colaboradores da produção e manutenção além de modificar a sistemática de trabalho.

Para Branco Filho (2008) a manutenção produtiva total (TPM) é uma filosofia japonesa de manutenção com o objetivo de aumentar a disponibilidade total da instalação, qualidade do produto e utilização máxima dos recursos. A TPM tem como base que falhas e má qualidade são interdependentes. Assim, após treinamentos, os operadores passam a serem operador-mantenedor, aplicando o conceito de que “da minha máquina cuido eu”.

A TPM busca como objetivo aumentar a eficiência da empresa usando como base a qualificação das pessoas e melhorias aplicadas nos ativos. Além disto já desenvolve as pessoas e organizações, tornando-as prontas para conduzir indústrias do futuro, as quais são dotadas de automações (KARDEC E NASCIF, 2019, p.215).

Almeida (2014) sustenta que a base da TPM são cinco pilares os quais buscam o envolvimento de toda a instituição e deixando-a apta a buscar metas, tais como defeito zero, falha zero, lucratividade e aumento da disponibilidade dos ativos. Os cinco pilares são: Eficiência; Autorreparo; Planejamento; Treinamento; Ciclo de vida.

Já para Kardec e Nascif (2019), Nakajima (1989) e Nakazato (1999) a TPM é sustentada por oito pilares, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Definição dos pilares da TPM

| Pilar | Definição |
|-------------------------|--|
| MELHORIA FOCADA | Busca reduzir melhorar o desempenho através da redução dos problemas (Vibração, ruído, temperatura, etc.). (NAKAJIMA, 1989). |
| MANUTENÇÃO AUTÔNOMA | Tem como objetivo desenvolver os operadores para realizar pequenas atividades de manutenção e inspeções (KARDEC E NASCIF, 2019, p.220). |
| MANUTENÇÃO PLANEJADA | Manutenção planejada onde o mantenedor profissional deve fornecer suporte a manutenção autônoma de forma a melhorar a performance dos equipamentos e garantir a restauração e conservação (QUADROS, 2018, p.19). |
| EDUCAÇÃO E TREINAMENTO | Desenvolvimento do conhecimento técnico, gerencial e comportamental dos colaboradores da manutenção e operação (KARDEC E NASCIF, 2019, p.220). |
| CONTROLE INICIAL | Introdução de um sistema de gerenciamento que busca eliminar as falhas no desenvolvimento de novos projetos (KARDEC E NASCIF, 2019, p.220). |
| MANUTENÇÃO DA QUALIDADE | Desenvolvimento e acompanhamento frequente dos padrões de fabricação dos produtos, estando interligados diretamente ao desempenho e funcionamento dos equipamentos (QUADROS, 2018, p.19). |
| TPM OFFICE | Implantação da metodologia TPM nas áreas administrativa buscando o aumento na eficiência (KARDEC E NASCIF, 2019, p.220). |
| SEGURANÇA OU SMS | Implementação de um sistema voltado a estimular um ambiente de trabalho seguro, visando identificando e eliminando os pontos de risco ao trabalhador. Visa também a introdução de políticas relacionadas ao meio ambiente (QUADROS, 2018, p.19). |

Fonte: Autor (2022)

2.4 Análise do modo e efeito de falha - FMEA

Mais conhecida pelo termo em inglês FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). Para Kardec e Nascif (2019) FMEA é uma ferramenta de manutenção que foi desenvolvida para ajudar a identificar e priorizar falhas potenciais em equipamentos, sistemas e processos. Tendo seu fundamento em uma base lógica que visa hierarquizar as falhas e sugerir ações preventivas a fim de evitar paradas nos processos produtivos.

Segundo Viana (2022), o FMEA inicia a abordagem pela causa do problema e segue para as possíveis consequências, durante todo o processo é documentando o passo a passo da análise, criando assim um banco de informações. O FMEA possibilita realizar a hierarquização de cada falha, criando uma sequência prioridades.

Viana (2022) afirma que tendo em posse essa ferramenta a equipe conseguira responder as seguintes perguntas:

- Quais são os modos de falhas possíveis de ocorrer?
- Quais componentes do sistema, ou subsistema, serão afetados por esses modos de falhas?
- Quais os efeitos da falha do sistema, ou subsistema, em termos de danos físicos, segurança, perda financeira e qualidade final do produto?
- Qual ação, ou ações, pode ser executada para evitar a ocorrência da falha?

Kardec e Nascif (2019) levanta sete principais conceitos necessários para aplicar o FMEA, os quais serão abordados na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais Conceitos do FMEA

| Conceito | Definição |
|--|---|
| CAUSA | Meio pelo qual um elemento do projeto ou processo resulta em modo de falha. |
| EFEITO | Consequência da falha. |
| MODOS DE FALHA | São as categorias de falhas. |
| FREQUÊNCIA | É a probabilidade de ocorrência da falha. |
| GRAVIDADE DA FALHA | Indica como a falha afeta o cliente ou usuário. |
| DETECTABILIDADE | Grau de facilidade de detecção da falha. |
| ÍNDICE DE RISCO OU NÚMERO DE PRIORIDADE DE RISCO - NPR | Determina a prioridade do risco da falha. O qual é obtido pela equação abaixo: $NPR = \text{Frequência} \times \text{Gravidade} \times \text{Detectabilidade}$ |

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2019)

Kardec e Nascif (2019) define a sequência a ser seguida para obter sucesso na construção de um FMEA. Na Tabela 3 apresenta-se as etapas a serem seguidas e também as principais perguntas de cada etapa.

Tabela 3 - Etapas para construção do FMEA

| Etapa | Pergunta a ser respondida |
|---|---|
| 1. Isolar e descrever o modo da falha potencial. | <i>Sob que condição o equipamento falha?</i> |
| 2. Descrever o efeito potencial da falha | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Ocorre parada ou redução de produção?</i> • <i>A qualidade do produto é afetada?</i> • <i>Quais os prejuízos?</i> |
| 3. Determinar a frequência, a gravidade e a detectabilidade da falha | <ul style="list-style-type: none"> • <i>Qual a frequência de ocorrência da falha?</i> • <i>Qual o grau de gravidade da falha?</i> • <i>Qual a facilidade da falha ser detectada?</i> |
| 4. Determinar o Número da Prioridade do Risco | $NPR = \text{Frequência} \times \text{Gravidade} \times \text{Detectabilidade}$ |
| 5. Desenvolver planos de ação para eliminar, mitigar e corrigir o problema em potencial | <i>Como será evitado a falha?</i> |

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2019)

Para realizar a etapa 4 é necessário definir pesos para cada elemento que compõem o NPR, ou seja, determinar o quanto vale cada parcela da etapa 3, Frequência, Gravidade e Detectabilidade. Esses valores normalmente são baseados em experiências de empresas (KARDEC E NASCIF, 2019, p.147).

A seguir segue duas tabelas de exemplos de pesos por critério, sendo a Tabela 4 elaborada por Viana (2022) e Tabela 5 elaborada por Kardec e Nascif (2019).

Tabela 4 - Valores para elementos do NPR – Viana (2022)

| Indicadores | Classificação | Peso |
|------------------------------------|--|-----------|
| Severidade (Gravidade da Falha) | Sem consequência | 1 |
| | Leve consequência | 2 |
| | Média consequência | 3 |
| | Parada de subsistema por menos de 4 hora | 4 |
| | Parada de subsistema por mais de 4 hora | 5 |
| Ocorrência (Frequência) | Muito remota (excepcional) | 1 |
| | Muito pequena | 2 |
| | Pequena | 3 |
| | Moderada | 4 – 5 – 6 |
| | Alta | 7 – 8 |
| | Muito alta | 9 – 10 |
| Detecção (Detectabilidade) | Facilmente detectada | 1 |
| | Rapidamente detectada | 2 |
| | Difícilmente detectada | 3 |
| | Muito difícilmente detectada | 4 |
| | Impossível de ser detectada | 5 |

Fonte: Adaptado de Viana (2022)

Tabela 5 - Valores para elementos do NPR - Kardec e Nascif (2019)

| Indicadores | Classificação | Peso |
|------------------------------------|---------------------|------------|
| Severidade (Gravidade da Falha) | Apenas perceptível | 1 |
| | Pouca importância | 2 a 3 |
| | Moderadamente grave | 4 a 6 |
| | Grave | 7 a 8 |
| | Extremamente Grave | 9 a 10 |
| Ocorrência (Frequência) | Improvável | 1 |
| | Muito pequena | 2 a 3 |
| | Pequena | 4 a 6 |
| | Média | 7 a 8 |
| | Alta | 9 a 10 |
| Detecção (Detectabilidade) | Alta | 1 |
| | Moderada | 2 a 5 |
| | Pequena | 6 a 8 |
| | Muito pequena | 9 |
| | Improvável | 10 |
| Índice de Risco NPR | Baixo | 1 a 50 |
| | Médio | 50 a 100 |
| | Alto | 100 a 200 |
| | Muito alto | 200 a 1000 |

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2019)

Para facilitar o levantamento e acompanhamento dos dados apresentados acima Kardec e Nascif (2019) apresenta um modelo de formulário conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Formulário FMEA

| EMPRESA X | | FMEA - Análise do Modo e Efeito da Falha | | | | | | Revisão | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------------|--|------------------|---------|-------|------------------|----------------|---------|---|-----|------------------|---------|--------------------|---|---|-----|--|--|--|
| | | | | | | | | Data | | | | | | | | | | | |
| | | (X) MANUTENÇÃO () OPERAÇÃO () SISTEMAS | | | | | | Resp. | | | | | | | | | | | |
| Identificação | | Local | Setor | Sistema | | Equipamento | | TAG | | | | | | | | | | | |
| SUB ITEM | COMPONENTE / PROCESSO | FUNÇÃO | POSSÍVEIS FALHAS | | | CONTROLES ATUAIS | ÍNDICES ATUAIS | | | | AÇÕES CORRETIVAS | | ÍNDICES MELHORADOS | | | | | | |
| | | | MODO | EFEITO | CAUSA | | F | G | D | NPR | RECOMENDADA | ADOTADA | F | G | D | NPR | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Kardec e Nascif (2019)

O método de ponderação utilizado por Kardec e Nascif (2019) prova-se ser mais simples de se aplicar pois já traz os valores de referência para o índice de risco.

2.5 Indicadores de Manutenção

Para Viana (2022), na manutenção os indicadores têm como sua principal função acompanhar a evolução da intervenção mantenedora, acompanhar as a rotina diária da manutenção. Os indicadores de manutenção devem por sua essência retratar aspectos importantes no processo da planta.

Viana também levanta a existência de 6 indicadores de manutenção, os quais são conhecidos como Índices de Classe Mundial, apresentados a seguir.

- TMEF – Tempo médio entre falhas
- TMR – Tempo médio de reparo
- TMPF – Tempo médio para falha
- Disponibilidade física da maquinaria
- Custo de manutenção por faturamento
- Custo de manutenção por valor de reposição

Para fins deste trabalho serão utilizados os indicadores TMEF, TMR e TMPF os quais são abordados no software de gestão de manutenção implantado na empresa em questão.

2.5.1 TMEF – Tempo médio entre falhas

TMEF, Tempo Médio entre Falhas, ou em inglês MTBF, *Mean Time Between Failure*, Viena (2022) apresenta este indicador como uma ferramenta responsável por monitorar o comportamento da maquinaria mediante as ações mantenedoras. Ou seja, se o valor aumentar significa que as atividades mantenedoras estão sendo eficientes.

Para Kardec e Nascif (2019), TMEF é uma medida básica de confiabilidade de ativos reparável.

Viena (2022) define que este indicador é montado através da divisão da soma das horas disponível, levando em conta somente tempos corretivos, pela soma de eventos de manutenção corretiva em um determinado tempo. Pode ser exemplificado pela equação abaixo.

$$TMEF = \frac{(HP - HMC)}{\sum \text{Eventos Corretivos}}$$

Sendo HP, horas produtivas programadas, e HMC, horas de manutenção corretivas.

2.5.2 TMR – Tempo médio de reparo

Kardec e Nascif (2019) toma o TMR como o indicador mais importante para manutenção, já que está ligado diretamente a performance sobre os equipamentos. Depende de três principais características, a facilidade que o ativo tem de ser mantido, a capacitação profissional da equipe envolvida, das características de organização e planejamento de manutenção.

Viena (2022) define que este indicador é montado através da divisão da soma do tempo de indisponibilidade do ativo devido às horas de manutenção corretiva, pelo somatório de eventos de manutenções corretivas no período. Pode ser exemplificado pela equação abaixo.

$$TMR = \frac{HMC}{\sum \text{Eventos Corretivos}}$$

Quanto menor o valor o TMR menor o impacto nos processos produtivos.

2.5.3 TMPF – Tempo médio para falha

Viena (2022) afirma que o TMPF tem como foco os componentes de um ativo que não tem como ser reparados, ou seja, componentes que após a falha devem ser descartados e substituídos por novos. Consiste na relação entre o total de horas produtivas programadas do equipamento (HP) dividido pelo número de falhas detectadas em componentes não reparáveis. Exemplificado na equação abaixo.

$$TMPF = \frac{(HP - HMC)}{\sum \text{Eventos Corretivos}}$$

Para Kardec e Nascif (2019) TMPF é uma medida básica de confiabilidade de itens não reparável.

2.6 Trabalhos sobre FMEA publicados

Para o estudo deste trabalho foram pesquisados artigos científicos recentes sobre o assunto como referência para este desenvolvimento. Deste modo, destacam-se os trabalhos a seguir.

Cunha et al. (2022) desenvolveram um estudo de caso utilizando o FMEA e outros indicadores para os modos de falha num processo de manutenção preventiva em uma concessionária de energia elétrica no Ceará. Assim, analisando os índices antes e após as melhorias, obtiveram como resultados a redução do índice de quebra do condutor, falha de sobrecarga e vazamento de óleo. Indicaram que o FMEA foi muito eficiente para mapear os modos de falhas e orientar a manutenção conforme os índices de riscos, reduzindo os prejuízos e transtornos com falta de energia elétrica.

Marinho et al (2022) aplicaram o FMEA para analisar as falhas que ocorreram em motores do setor de manutenção de elétrica de uma usina sucroalcooleira localizada no noroeste do estado do Paraná. Por se tratar de um processo produtivo de alta complexidade, é necessário um processo rigoroso e eficiente de manutenção. Ao aplicar a ferramenta FMEA foi possível identificar as principais falhas como: presença de umidade nos motores, alta vibração, travamento de rolamentos e queima do motor. Após a análise das falhas apresentadas definiu-se ações de melhorias reduzindo ocorrência de avarias.

Teixeira et al (2019) realizaram um estudo de caso em que aplicaram a ferramenta o FMEA e outros indicadores em uma indústria têxtil de pequeno porte, localizada na região centro-oeste de Minas Gerais. Identificaram após a elaboração

do FMEA que a máquina com maior índice NPR foi a máquina travete, a qual é de suma importância no fluxo produtivo e que em caso de falha para a linha produtiva. Constataram que o FMEA é importante para buscas dos modos de falha no processo produtivo e que auxilia na elaboração de planos preventivos

Andrade et al (2023) desenvolveram um estudo aplicando ferramentas de análise para a elaboração de um sistema de gestão da manutenção no setor de lapidação de uma indústria de processamento de vidros. Dentre as ferramentas utilizadas existe o FMEA, que foi aplicado buscando falhas potenciais e quais ações corretivas devem ser implantadas a fim de evita-las. Após a implantação foi possível mensurar as principais falhas destacando-se erro de regulagem dos rebolos e uso de rebolos desgastados. Destacaram que o FMEA foi importante para alcança os objetivos propostos no trabalho.

Pereira e Oliveira (2022) utilizaram as ferramentas FMEA e MBR (manutenção baseada em risco) para elaborar um plano de manutenção para tanques de armazenamento de uma empresa distribuidora de combustíveis inflamáveis. Utilizaram o FMEA para identificar as falhas mais críticas baseando-se no NPR, e sugerir manutenções e substituições visando manter o risco dentro do aceitável. Entre os modos de falhas identificados, destacaram-se as falhas nas chapas de fundo e de costado.

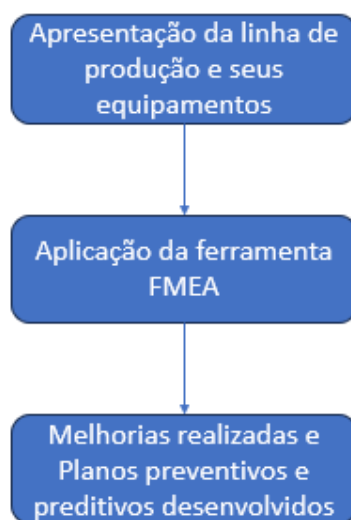
Elhannani et al. (2024) utilizaram a ferramenta FMEA para implementação de uma estratégia de manutenção preventiva em uma máquina de perfuração radial (NKH45) tendo como principal objetivo reduzir o tempo de inatividade. O estudo se concentrar em um subsistema da parte eletro-hidráulica da máquina de perfuração radial NKH45. Baseada na aplicação do método FMEA, foi identificado com precisão os modos de falha críticos, possibilitando a elaboração de planos de manutenção específicos mitigando o tempo de inatividade e otimizar a produção.

3 METODOLOGIA

Segundo Yin (2001), “o estudo de caso é uma investigação empírica que analisa um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto de mundo real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes”. Assim, este trabalho classifica-se como estudo de caso pela verificação real das condições de manutenção em uma empresa de médio porte fabricante de chapas acrílicas no nordeste de Santa Catarina.

Este capítulo visa esclarecer o método utilizado para alcançar os objetivos do trabalho, apresentando o processo de fabricação da chapa acrílica, das máquinas utilizadas e o desenvolvimento da ferramenta de análise FMEA. A ferramenta FMEA foi aplicada na elaboração dos critérios para definição de melhorias e elaboração de planos de manutenção preventivos e preditivos. A Figura 4 apresenta o fluxograma da metodologia utilizada.

Figura 4 - Metodologia Utilizada

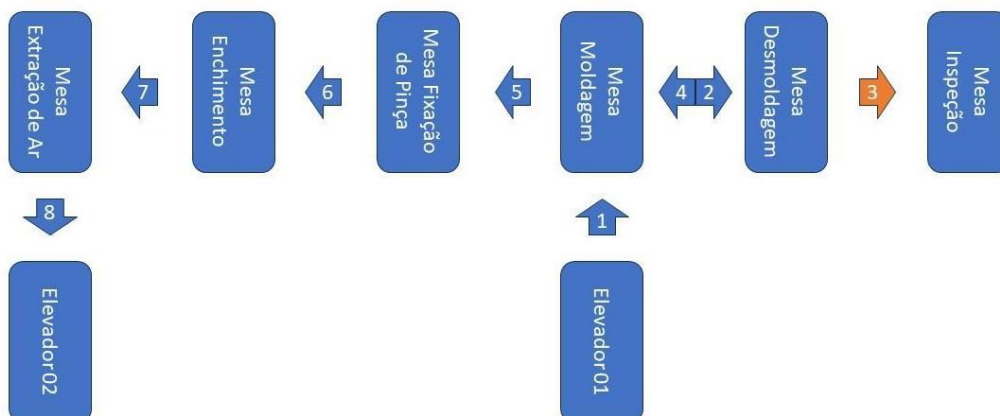


Fonte: Autor (2024)

3.1 Apresentação da linha de produção

A planta da fábrica estudada conta com duas linhas de produção de acrílico, uma para chapas acrílicas até 1700mm de largura e outra linha para chapa acrílica entre 1750mm a 2100mm de largura. O fluxo do maquinário para produção em ambas as linhas é similar. Na Figura 5 apresenta-se o fluxograma do maquinário.

Figura 5 - Fluxograma do maquinário.



Fonte: Autor (2024)


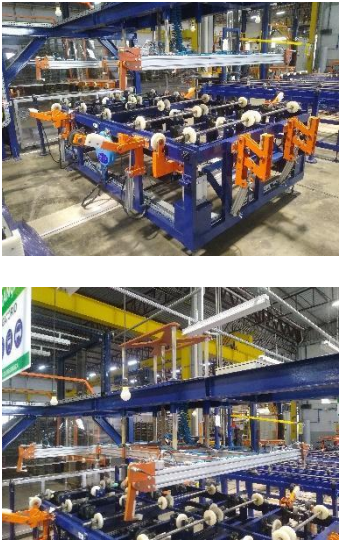
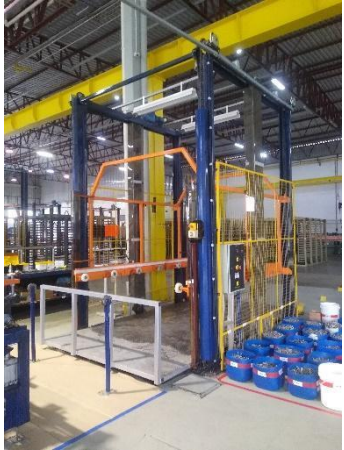




O processo tem início com a chegada dos moldes com chapa acrílica já polimerizadas no elevador 01, assim os moldes são colocados na mesa de moldagem para realizar o des plaque do molde, seguindo para a mesa de desmoldagem onde tem a separação da chapa acrílica do molde a qual é direcionada para mesa de inspeção. Enquanto isso, o molde retorna para mesa de moldagem para ser fechado novamente, finalizado este processo o conjunto molde vai para próxima mesa onde é inserido as travas, garantindo o fechamento parcial.

Na próxima etapa o conjunto molde é deslocado para próxima mesa onde ele é preenchido com a resina líquida. Finalizando o preenchimento desloca-se para a mesa de extração de ar, retirando todo o ar dentro do molde e realizando a inserção das travas finais. Para finalizar o processo da linha o conjunto molde é colocado nos dispositivos de transporte, utilizando o elevador 2.

3.2 Apresentação das máquinas estudadas

Para fim de estudo foi optado por utilizar a linha de fabricação das chapas com 1750mm a 2100mm de largura por ser a linha com maquinários mais complexos assim precisando de uma maior atenção da manutenção. Esta linha é formada por 8 máquinas principais, conforme apresentado na Figura 5 e explanado na Tabela 6.

Tabela 6 - Máquinas Linha Acrílica

| Máquinas Linha Acrílica | | |
|---|---|--|
|  |  |  |
| <p>Mesa Desmoldagem: Equipamento responsável pela retirada da chapa acrílica do molde e deslocá-la para mesa de inspeção</p> | <p>Mesa de Moldagem: Equipamento responsável pela abertura e fechamento do molde</p> | <p>Elevador: Equipamento responsável por elevar os moldes possibilitado a retirada do mesmo do dispositivo de transporte de molde</p> |
|  |  |  |
| <p>Mesa de Inspeção: Mesa iluminada para realização da inspeção de qualidade da chapa</p> | <p>Mesa Fixação de Pinça: Equipamento responsável por posicionar o molde para colocação de pinça</p> | <p>Mesa de Envase: Equipamento responsável pelo enchimento da resina acrílica no molde</p> |
|  | | |
| <p>Mesa Extração de Ar: Equipamento responsável pela retirada do ar entre o par de moldes.</p> | | |

Fonte: Autor (2024)

3.2 Aplicando o FMEA

Neste capítulo será explanado como foi realizado a aplicação do FMEA neste estudo de caso. Conforme apresentado no capítulo 2.4 a montagem FMEA depende de 5 etapas recordadas abaixo.

- Isolar e descrever o modo da falha potencial;
- Descrever o efeito potencial da falha;
- Determinar a frequência, a gravidade e a detectabilidade da falha;
- Determinar o Número da Prioridade do Risco;
- Desenvolver planos de ação para eliminar, mitigar e corrigir o problema em potencial;

Na etapa inicial realizou-se uma análise detalhada dos equipamentos presentes no processo de fabricação. No qual foi buscado as possíveis condições de falha. Para realizar a análise dividiu-se cada maquinário em subconjuntos agrupados por sua função no maquinário, função elétrica, estrutural, movimentação e segurança. A tabela dos subconjuntos encontra-se no Apêndice A.

Após a determinação do subconjunto de cada maquinário, deu-se início a primeira etapa do FMEA de realizar a análise das possíveis falhas em cada subconjunto. Para isso foi utilizada uma adaptação do formulário apresentada na Figura 3 do capítulo 2.4. A Figura 6 apresenta o modelo adaptado para o uso, possibilitando assim uma análise detalha de cada subconjunto e descrever de forma detalhada a provável falha, finalizando as duas primeiras etapas da aplicação do FMEA.

Figura 6 - Formulário FMEA

| EMPRESA X | FMEA - Análise do Modo e Efeito da Falha | | | | | | | | Revisão | 00 | | | | |
|------------------|---|------------------|-------------|-------|----------------|---|---|-----|------------------|-----------------|--------------------|---|---|-----|
| | (X) MANUTENÇÃO () OPERAÇÃO () SISTEMAS | | | | | | | | Data | 25/05/2024 | | | | |
| | | | | | | | | | Resp. | Maicon Binsfeld | | | | |
| Identificação | Local | Linha 1 | Equipamento | | | | | | TAG | | | | | |
| SUBCONJUNTO | COMPONENTE | POSSIVEIS FALHAS | | | ÍNDICES ATUAIS | | | | AÇÕES CORRETIVAS | | ÍNDICES MELHORADOS | | | |
| | | MODO | EFEITO | CAUSA | F | G | D | NPR | RECOMENDADE | ADOTADA | F | G | D | NPR |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2019)

Com as informações em mãos seguiu-se para a próxima etapa a qual é determinar e mensurar cada ponto encontrado. Seguindo a recomendação de Kardec e Nascif (2019) determinou-se valores de frequência, gravidade e detectabilidade para cada possível falha encontrada. Para determinar estes valores foi optado por utilizar os valores apresentados na tabela montada por Kardec e Nascif (2019), conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Valores para elementos do NPR

| Indicadores | Classificação | Peso |
|------------------------------------|---------------------|------------|
| Severidade (Gravidade da Falha) | Apenas perceptível | 1 |
| | Pouca importância | 2 a 3 |
| | Moderadamente grave | 4 a 6 |
| | Grave | 7 a 8 |
| | Extremamente Grave | 9 a 10 |
| Ocorrência (Frequência) | Improvável | 1 |
| | Muito pequena | 2 a 3 |
| | Pequena | 4 a 6 |
| | Média | 7 a 8 |
| | Alta | 9 a 10 |
| Detecção (Detectabilidade) | Alta | 1 |
| | Moderada | 2 a 5 |
| | Pequena | 6 a 8 |
| | Muito pequena | 9 |
| | Improvável | 10 |
| Índice de Risco NPR | Baixo | 1 a 50 |
| | Médio | 50 a 100 |
| | Alto | 100 a 200 |
| | Muito alto | 200 a 1000 |

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2019)

Com os valores de frequência, gravidade e detectabilidade determinados segue-se para a próxima etapa, sendo calcular o NPR de cada ponto levantado, utilizando a equação abaixo.

$$NPR = \text{Frequência} \times \text{Gravidade} \times \text{Detectabilidade}$$

Após a analisar cada falha apresentada no formulário do FMEA, juntamente como os valores de NPR encontrados, determinou-se que a manutenção irá analisar e atacar falhas com NPR maior ou igual a 50 pontos (Risco médio) por apresentarem riscos consideráveis ao processo de produção e a segurança dos colaboradores.

Com essa informação em mente seguiu-se para a próxima etapa, desenvolver planos de ação para eliminar ou mitigar os problemas em potencial. Assim, analisou-se cada caso de forma isolada, apresentando melhorias que buscam mitigar os riscos e que atendam custo benéfico.

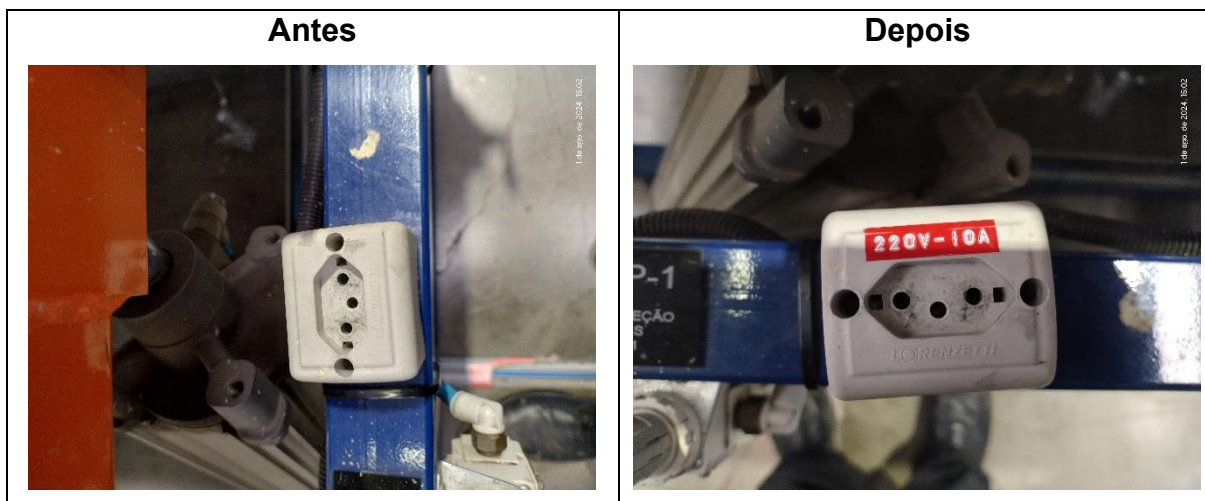
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a aplicação do FMEA levantou-se possíveis falhas em cada um dos equipamentos estudados, assim possibilitando atacar cada caso de forma isolada e reduzir a probabilidade de o equipamento vir a falhar. Nos tópicos abaixo apresenta-se os principais pontos encontrados em cada equipamento e qual a ação corretiva a ser tomada.

4.1 Mesa de Inspeção

No caso da mesa de inspeção, as principais falhas apresentadas foram no subconjunto de elétrica. Os pontos destacados foram a possibilidade de os operadores levarem uma descarga elétrica, com NPR de 112 pontos, e falta de informação nas tomadas possibilitando a utilização inadequada levando a um curto-circuito, NPR de 112 pontos. A fim de mitigar estes pontos foi sugerido identificar as tomadas com informações de tensão e corrente, melhoria apresentada na Tabela 8, e colocar prensa-cabo nas passagens de cabos da chapa, melhoria apresentada na Tabela 9.

Tabela 8 - Identificação Tomada



Fonte: Autor (2024)

Tabela 9 - Melhoria passagem de cabos



Fonte: Autor (2024)

Com a implantação destas melhorias apresentadas nas figuras acima foi possível reavaliar o NPR de cada modo de falha, alterando de 112 para 14 no caso da fuga de energia, e no caso do modo de falha curto-circuito foi possível baixar o NPR de 112 para 28. Conforme apresentado na Tabela 10. A tabela FMEA completa encontra-se no Apêndice B.

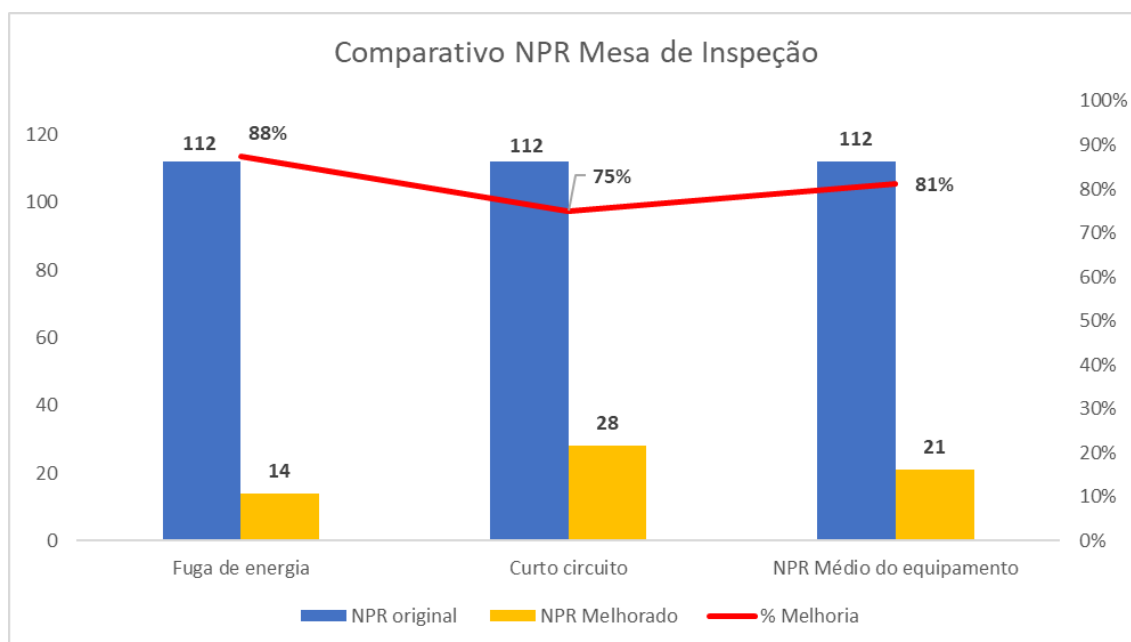
Tabela 10 – FMEA Final - Mesa de inspeção

| Identificação | Local | Linha 1 | Equipamento | Mesa | TAG | MSI-01 | | | | | |
|---------------|------------|------------------|-------------------|------|-----|--------|---|--------------------|---|---|-----|
| SUBCONJUNTO | COMPONENTE | POSSÍVEIS FALHAS | ÍNDICES ORIGINAIS | | | | AÇÕES CORRETIVAS | ÍNDICES MELHORADOS | | | |
| | | MODO | G | F | D | NPR | RECOMENDADO | G | F | D | NPR |
| Elétrica | Luminárias | Fuga de energia | 7 | 4 | 4 | 112 | Colocar prensa-cabo nos pontos com canto vivo | 7 | 1 | 2 | 14 |
| | Tomadas | Curto circuito | 7 | 4 | 4 | 112 | Identificar tenção e corrente correta para a tomada | 7 | 2 | 2 | 28 |

Fonte: Autor (2024)

O gráfico apresentado na Figura 7 ilustra a diferença do NPR antes e após a implantação das alterações sugeridas.

Figura 7 - Comparativo NPR Mesa de Inspeção



Fonte: Autor (2024)

Conforme apresentado na Figura 7, houve uma redução de 88% no modo de falha fuga de energia e uma redução de 75% no modo de falha curto-circuito.

4.2 Elevadores

No caso dos Elevadores, as principais falhas encontradas foram nos subconjuntos de movimentação vertical, sistema de elétrica e sistemas de segurança. As possíveis falhas fora a possibilidade de trancar o motor e rolamentos, NPR de 450 e 180, queima do motor, NPR de 80, quebra do redutor e corrente, NPR de 560 e 360, falha nos sistemas elétricos, com NPR de 250, falha nos sistemas de fim de curso, NPR de 100, e falha no funcionamento dos dispositivos antiqueda, com NPR 8. Buscando mitigar estas falhas elaborou-se um plano de manutenção preventiva para cada tópico, conforme Figuras 8.

Figura 8 - Planos de Manutenção Elevadores

| Editar | Ações | Sequ... | Descrição da Manutenção | Revisão por Tempo Instalado a cada |
|--------|-------|---------|------------------------------|------------------------------------|
| Editar | Ações | 1 | INSPEÇÃO TRIMESTRAL | 3 Meses |
| Editar | Ações | 2 | INSPEÇÃO GERAL | 1 Anos |
| Editar | Ações | 3 | INSPEÇÃO GERAL PAINEL | 6 Meses |
| Editar | Ações | 4 | ANALISE VIBRAÇÃO MOTOREDUTOR | 6 Meses |

Fonte: Autor (2024)

Conforme apresentado na Figura 8 foram elaborados 4 planos de manutenção para o elevador. Abaixo explica-se de forma resumida cada uma delas.

Inspeção Trimestral: De forma resumida e verificação de funcionamento dos principais componentes. Essa manutenção atende os modos de falha de quebra de corrente, trancar rolamentos, mau funcionamento dos sensores fim de curso e do sistema antiqueda. Plano de manutenção detalhado encontra-se no Apêndice I.

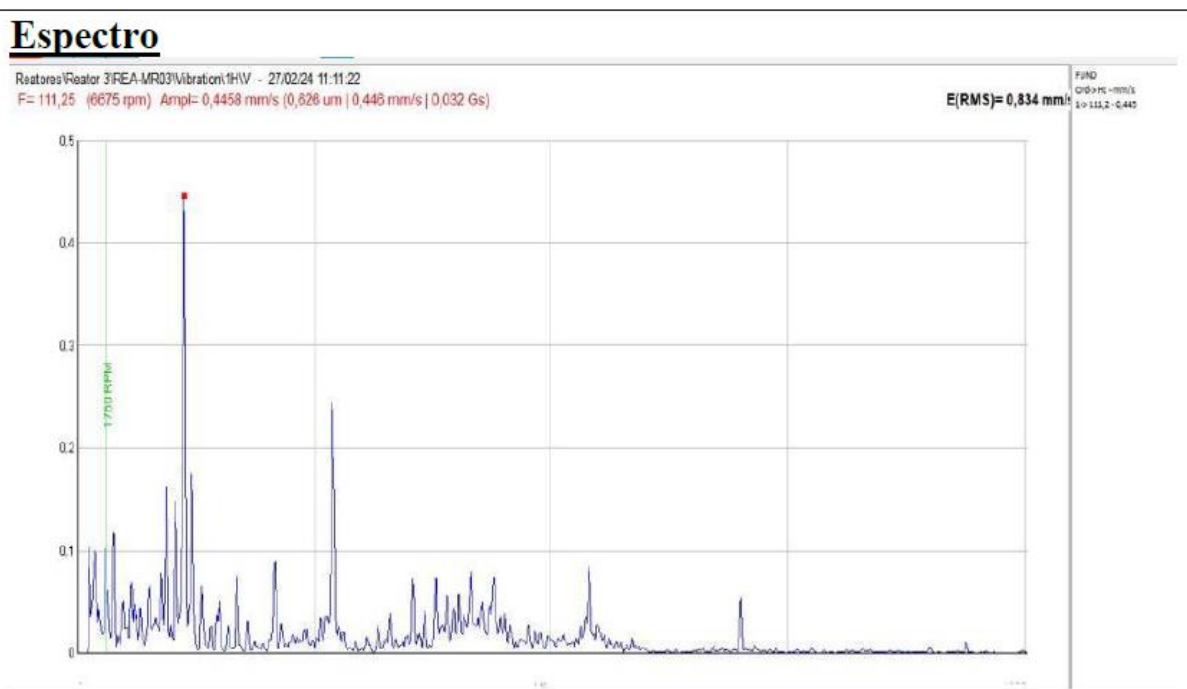
Inspeção Geral: Tem como função verificar todos os componentes mecânico e estruturais do elevador e também abrange a realização da preventiva nos redutores. Essa manutenção atende os modos de falha de quebra do redutor. Plano de manutenção detalhado encontra-se no Apêndice J.

Inspeção Geral Painel: Tem como função verificar todos os componentes elétricos do elevador. Essa manutenção atende os modos de falha nos sistemas elétricos. Plano de manutenção detalhado encontra-se no Apêndice K.

Análise Vibração Redutor: De forma resumida e verificação de funcionamento geral motor do redutor, busca prever quando os rolamentos do motor tendem a falhar, assim pode ser programada a troca antes da falha além de evitar trocas desnecessárias. Para realização desta manutenção é contratada uma empresa especializada a qual nos informa os valores de vibração e se estão dentro do aceitável. Na Figura 9, apresenta-se um exemplo de análise de vibração realizada em outro equipamento da empresa estudada. Com base na Norma ISO 10816-3 foram desenvolvidos valores limites para análise. Essa manutenção atende os modos de

falha de trancar e queimar o motor. Plano de manutenção detalhado encontra-se no Apêndice L.

Figura 9 - Análise de Vibração



Fonte: Autor (2024)

Figura 10 - Valores de viração referência

| CRITÉRIO PARA JULGAMENTO DE ESTADO DE MÁQUINAS – 10 a 1000 Hz RMS | | | | |
|---|--------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Nível de Vibração (mm/s) | Até 20 CV | De 20 CV Até 100 CV | > 100 CV Base Rígida | > 75 CV B. Flexível |
| 0,28 | Bom | Bom | Bom | Bom |
| 0,45 | | | | |
| 0,71 | | | | |
| 1,12 | Adequado | Adequado | Adequado | Bom |
| 1,8 | | | | |
| 2,8 | Admissível | Admissível | Admissível | Adequado |
| 4,5 | | | | |
| 7,1 | Inadmissível | Inadmissível | Inadmissível | Admissível |
| 11,2 | | | | |
| 18 | | | | |
| 28 | Inadmissível | Inadmissível | Inadmissível | Inadmissível |
| 45 | | | | |

Fonte: Autor (2024)

Com a implantação dos planos de manutenção foi possível reavaliar o NPR de cada modo de falha conforme apresentado na Tabela 11. A tabela FMEA completa encontra-se no Apêndice C.

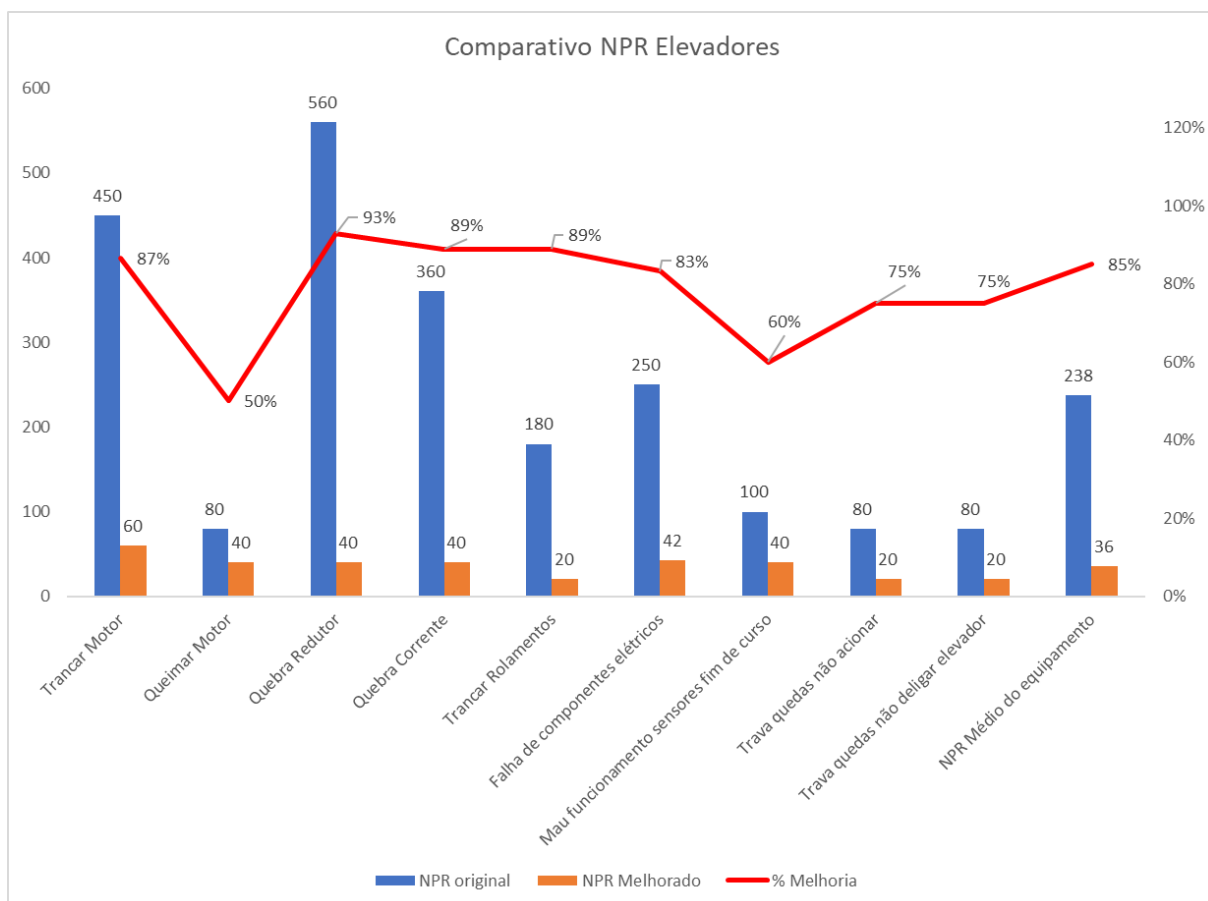
Tabela 11 – FMEA Final - Elevadores

| Identificação | Local | Linha 1 | Equipamento | | | | Elevador 01 / Elevador 02 | TAG | ELG-01 / ELG-02 | | | |
|-----------------------|----------------------|--------------------------------|-------------------|----|---|-----|--|--|-----------------|---|-----|----|
| SUBCONJUNTO | COMPONENTE | POSSÍVEIS FALHAS | ÍNDICES ORIGINAIS | | | | ações corretivas | ÍNDICES MELHORADOS | | | | |
| | | MODO | G | F | D | NPR | RECOMENDADO | G | F | D | NPR | |
| Movimentação Vertical | Motor | Trancar | 10 | 5 | 9 | 450 | Implantar análise de vibração; implantar medição de corrente do motor semestralmente | 10 | 3 | 2 | 60 | |
| | | Queimar | 10 | 4 | 2 | 80 | | 10 | 2 | 2 | 40 | |
| | Redutor | Quebra | | 10 | 7 | 8 | 560 | Implantar inspeção anual no redutor | 10 | 2 | 2 | 40 |
| | | | | 10 | 4 | 9 | 360 | | 10 | 2 | 2 | 40 |
| | Corrente | | | 10 | 4 | 9 | 360 | Implantar inspeção e lubrificação trimestral | 10 | 2 | 2 | 40 |
| | Mancais / Rolamentos | Trancar | | 10 | 6 | 3 | 180 | Implantar inspeção e lubrificação trimestral | 10 | 2 | 1 | 20 |
| | Painel de comandos | Falha de componentes internos | | 10 | 5 | 5 | 250 | Elaborar plano de inspeção semestral, manter principais componentes em estoque | 7 | 3 | 2 | 42 |
| Sensores fim de curso | Mau funcionamento | | 10 | 2 | 5 | 100 | Elaborar plano de inspeção trimestral | 10 | 2 | 2 | 40 | |
| Sistemas de segurança | Trava quedas | Não acionar | 10 | 4 | 2 | 80 | Elaborar plano de inspeção trimestral | 10 | 2 | 1 | 20 | |
| | | Não cortar energia do elevador | 10 | 4 | 2 | 80 | | 10 | 2 | 1 | 20 | |

Fonte: Autor (2024)

O gráfico apresentado na Figura 11 ilustra a diferença do NPR antes e após a implantação dos planos de manutenção.

Figura 11 - Comparativo NPR Elevadores



Fonte: Autor (2024)

Conforme apresentado na última coluna da Figura 11 após a implantação dos planos de manutenção houve uma redução média de 85% no risco de a máquina vir a falhar.

4.3 Mesa de Desmoldagem

Já para a mesa de desmoldagem os principais pontos de falha estão presentes nos subconjuntos movimentação vertical e horizontal, sistemas elétricos e sistema pneumático. Das possíveis falhas encontradas destacando-se a falha nas rodas de cabeceira, com NPR de 210, trancar ou queimar os motores, NPR de 280 e 60, trancar castanha do fuso, com NPR de 80, risco de romper a correia, NPR igual a 60, falha nos componentes elétricos e sensores, NPR de 250, falha nas eletroválvulas e cilindros pneumáticos, NPR de 60, e falha no sistema de vácuo, com NPR de 320. As ações para mitigar estes riscos foram a implantação de manutenções preventivas e preditivas, conforme apresentado na Figura 12.

Figura 12 - Planos de Manutenção Mesa de Desmoldagem

| Editar | Ações | Sequ... | Descrição da Manutenção | Revisão por Tempo Instalado a cada |
|--------|-------|---------|----------------------------|------------------------------------|
| Editar | Ações | 1 | INSPEÇÃO CAMINHO ROLAMENTO | 6 Meses |
| Editar | Ações | 2 | INSP. GERAL REDUTORES | 1 Anos |
| Editar | Ações | 3 | INSPEÇÃO BIMESTRAL | 2 Meses |
| Editar | Ações | 4 | INSPEÇÃO GERAL PAINEL | 6 Meses |

Fonte: Autor (2024)

Conforme apresentado na Figura 12 foram elaborados 4 planos de manutenção para a mesa de desmoldagem. Abaixo explica-se de forma resumida cada uma delas.

Inspeção Caminho de rolamento: De forma resumida e verificação do estado do caminho de rolamento, se o mesmo possui alguma deformação, verificação do estado das rodas da cabeceira e de seus rolamentos. Essa manutenção atende o modo de falha nas rodas de cabeceira. Plano de manutenção detalhado encontra-se no Apêndice M.

Inspeção Geral Redutores: Tem como objetivo evitar que os redutores venham

a falhar durante o processo produtivo. Essa manutenção atende o modo de falha de trancar o conjunto moto redutor. Plano de manutenção detalhado encontra-se no Apêndice N.

Inspeção Geral Bimestral: Tem como objetivo inspecionar o conjunto completo da mesa e garantir o correto funcionamento de sus componentes. Essa manutenção atende os modos de falha de trancar castanha do fuso, risco de romper a correia e falha no sistema de vácuo. Plano de manutenção detalhado encontra-se no Apêndice O.

Inspeção Geral Painel: Tem como função verificar todos os componentes elétricos. Essa manutenção atende os modos de falha nos sistemas elétricos, sensores e trancar ou queimar motores. Plano de manutenção detalhado encontra-se no Apêndice P.

Com a implantação dos planos de manutenção foi possível reavaliar o NPR de cada modo de falha conforme apresentado na Tabela 12. A tabela FMEA completa encontra-se no Apêndice D.

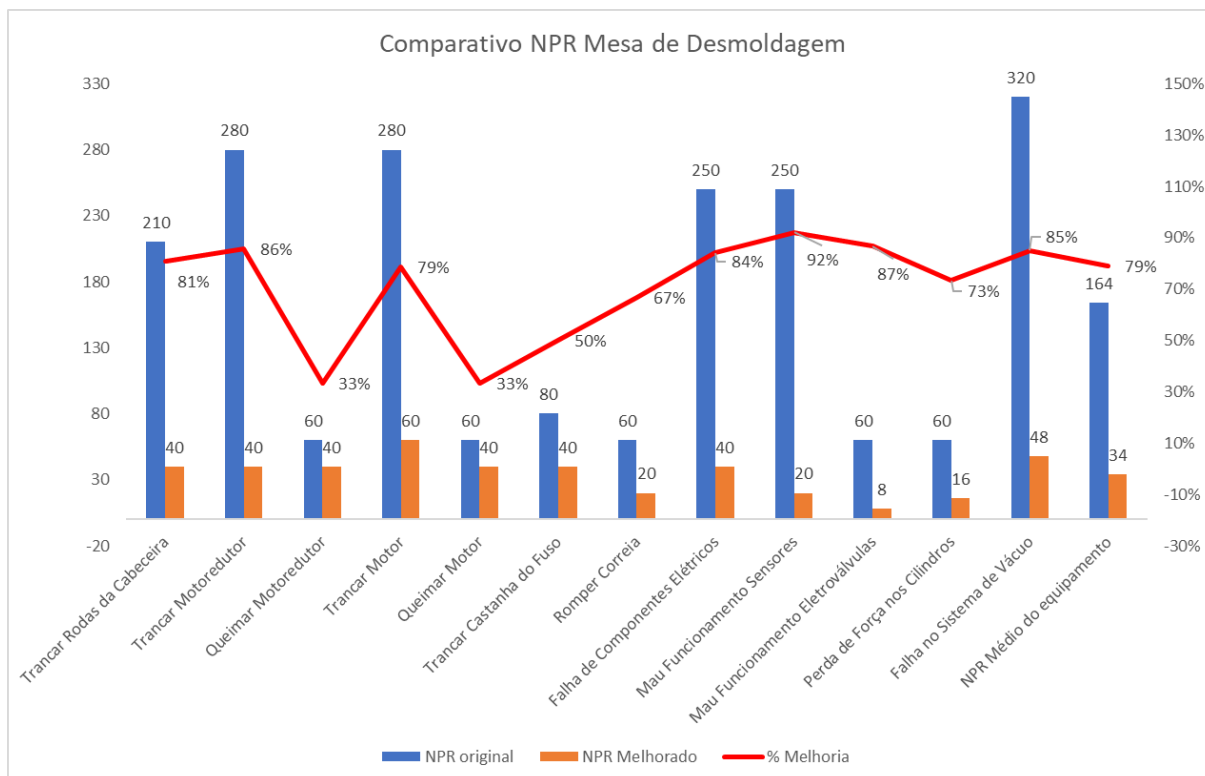
Tabela 12 - FMEA Final - Mesa de Desmoldagem

| Identificação | Local | Linha 1 | Equipamento | Mesa Desmoldagem | | | | TAG | MSG-01 | | | |
|-------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------|------------------|---|-----|--|--------------------|--------|---|-----|--|
| SUBCONJUNTO | COMPONENTE | POSSÍVEIS FALHAS | ÍNDICES ORIGINAIS | | | | AÇÕES CORRETIVAS | ÍNDICES MELHORADOS | | | | |
| | | MODO | G | F | D | NPR | RECOMENDADO | G | F | D | NPR | |
| Movimentação Horizontal | Rodas das cabeceiras | Trancar | 10 | 3 | 7 | 210 | Implantar inspeção preventiva semestral | 10 | 2 | 2 | 40 | |
| | Motoredutor | Trancar | 10 | 4 | 7 | 280 | Implantar medição de corrente do motor semestralmente | 10 | 2 | 2 | 40 | |
| | | Queimar | 10 | 3 | 2 | 60 | | 10 | 2 | 2 | 40 | |
| Movimentação Vertical | Motor | Trancar | 10 | 4 | 7 | 280 | Implantar plano de lubrificação bimestral | 10 | 3 | 2 | 60 | |
| | | Queimar | 10 | 3 | 2 | 60 | | 10 | 2 | 2 | 40 | |
| | Fuso | Trancar castanha do fuso | 10 | 4 | 2 | 80 | Implantar plano de inspeção bimestral | 10 | 2 | 2 | 40 | |
| | Correia | Romper | 10 | 2 | 3 | 60 | | 10 | 2 | 1 | 20 | |
| Elétrica | Painel de comandos | Falha de componentes internos | 10 | 4 | 5 | 250 | Elaborar plano de inspeção semestral, manter principais componentes em estoque | 10 | 2 | 2 | 40 | |
| | Sensores | Falha de funcionamento | 10 | 2 | 5 | 250 | | 10 | 1 | 2 | 20 | |
| Sistema Pneumático | Eletroválvula | Mau funcionamento | 10 | 3 | 2 | 60 | Aquisição de peça reserva | 4 | 1 | 2 | 8 | |
| | Cilindros | Perda de força | 10 | 3 | 2 | 60 | Aquisição de peça reserva | 4 | 2 | 2 | 16 | |
| | Sistema de vácuo | Falha no vácuo | 8 | 5 | 8 | 320 | Implantar inspeção bimestral no sistema de vácuo | 8 | 2 | 3 | 48 | |

Fonte: Autor (2024)

O gráfico apresentado na Figura 13 ilustra a diferença do NPR antes e após a implantação dos planos de manutenção.

Figura 13 - Comparativo NPR Mesa de Desmoldagem



Fonte: Autor (2024)

Conforme apresentado na última coluna da Figura 13 após a implantação dos planos de manutenção houve uma redução de 79% em média no risco de a máquina vir a falhar.

4.4 Mesa de Moldagem

No caso da mesa de moldagem destacam-se os pontos de falha presentes nos subconjuntos movimentação vertical, sistemas elétricos, estrutural e sistema pneumático. Conforme pode ser observado na Tabela 13, dentre as falhas encontradas destacando-se a possibilidade de trancar ou queimar os motores, NPR de 280 e 60, trancar castanha do fuso, com NPR de 80, risco de romper a correia, NPR igual a 60, quebra dos braços articulados, com NPR de 60, falha nos componentes elétricos e sensores, NPR de 250, falha nas eletroválvulas e cilindros pneumáticos, NPR de 60, e falha no sistema de vácuo, com NPR de 320. As ações para mitigar estes riscos foram a implantação de manutenções preventivas, conforme apresentado na Figura 14.

Figura 14 - Planos de Manutenção Mesa de Moldagem

| Manutenção Preventiva de Máquina e Equipamentos | | | | |
|---|-----------------------|---------|-------------------------|------------------------------------|
| Máquina MSG-02 MESA DE MOLDAGEM LINHA G-01 | | | | |
| <input type="button" value="Novo"/> <input type="button" value="Copiar"/> | | | | |
| Editar | Ações | Sequ... | Descrição da Manutenção | Revisão por Tempo Instalado a cada |
| Editar | Ações | 1 | INSPEÇÃO BIMESTRAL | 1 Meses |
| Editar | Ações | 2 | INSPEÇÃO GERAL PAINEL | 6 Meses |

Fonte: Autor (2024)

Inspeção Geral Bimestral: Tem como objetivo inspecionar o conjunto completo da mesa e garantir o correto funcionamento de sus componentes. Essa manutenção atende os modos de trancar castanha do fuso, risco de romper a correia, quebra dos braços articulados, falha nas eletroválvulas e cilindros pneumáticos e falha no sistema de vácuo. Plano de manutenção detalhado encontra-se no Apêndice Q.

Inspeção Geral Painel: Tem como função verificar todos os componentes elétricos. Essa manutenção atende os modos de falha nos sistemas elétricos, sensores e trancar ou queimar motores. Plano de manutenção detalhado encontra-se no Apêndice R.

Com a implantação dos planos de manutenção foi possível reavaliar o NPR de cada modo de falha conforme apresentado na Tabela 13. A tabela FMEA completa encontra-se no Apêndice E.

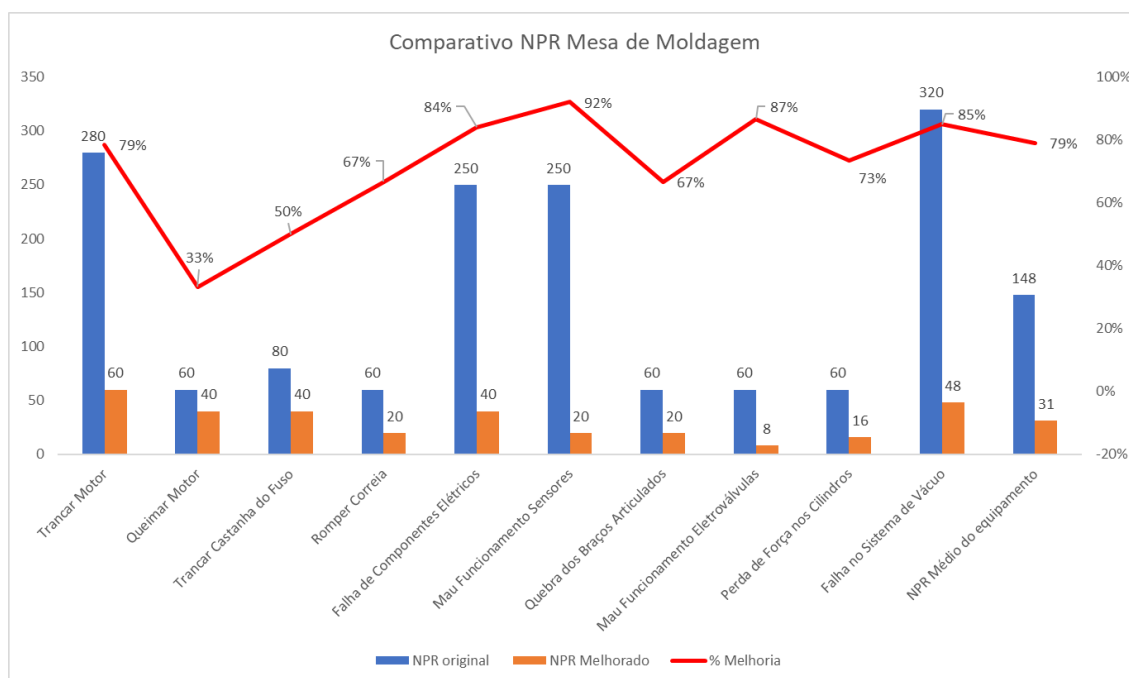
Tabela 13 - FMEA Final - Mesa de Moldagem

| Identificação | Local | Linha 1 | Equipamento | Mesa de Moldagem | TAG | MSG-02 | | | | | |
|-----------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------|------------------|-----|--------|--|--------------------|---|---|-----|
| SUBCONJUNTO | COMPONENTE | POSSÍVEIS FALHAS | ÍNDICES ORIGINAIS | | | | ações CORRETIVAS | ÍNDICES MELHORADOS | | | |
| | | MODO | G | F | D | NPR | RECOMENDADO | G | F | D | NPR |
| Movimentação Vertical | Motor | Trancar | 10 | 4 | 7 | 280 | Implantar medição de corrente do motor semestralmente | 10 | 3 | 2 | 60 |
| | | Queimar | 10 | 3 | 2 | 60 | | 10 | 2 | 2 | 40 |
| | Fuso | Trancar castanha do fuso | 10 | 4 | 2 | 80 | Implantar plano de lubrificação bimestral | 10 | 2 | 2 | 40 |
| | Correia | Romper | 10 | 2 | 3 | 60 | Implantar plano de inspeção bimestral | 10 | 2 | 1 | 20 |
| Elétrica | Painel de comandos | Falha de componentes internos | 10 | 4 | 5 | 250 | Elaborar plano de inspeção semestral, manter principais componentes em estoque | 10 | 2 | 2 | 40 |
| | Sensores | Falha de funcionamento | 10 | 2 | 5 | 250 | | 10 | 1 | 2 | 20 |
| Estrutura | Braços articulados | Quebra | 10 | 1 | 6 | 60 | Elaborar um plano de inspeção visual | 10 | 1 | 2 | 20 |
| Sistema Pneumático | Eletroválvula | Mau funcionamento | 10 | 3 | 2 | 60 | Aquisição de peça reserva | 4 | 1 | 2 | 8 |
| | Cilindros | Perda de força | 10 | 3 | 2 | 60 | Aquisição de peça reserva | 4 | 2 | 2 | 16 |
| | Sistema de vácuo | Falha no vácuo | 8 | 5 | 8 | 320 | Implantar inspeção bimestral no sistema de vácuo | 8 | 2 | 3 | 48 |

Fonte: Autor (2024)

O gráfico apresentado na Figura 15 ilustra a diferença do NPR antes e após a implantação dos planos de manutenção.

Figura 15 - Comparativo NPR Mesa de Moldagem



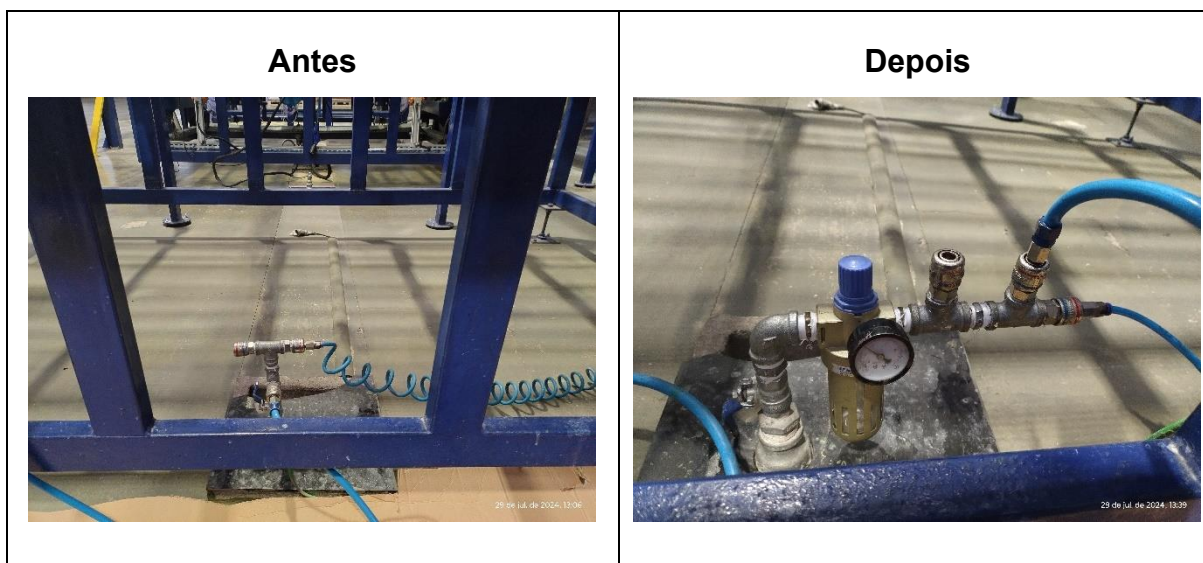
Fonte: Autor (2024)

Conforme apresentado na última coluna da Figura 15 após a implantação dos planos de manutenção obteve-se uma redução de 79% em média no risco de a máquina vir a falhar.

4.5 Mesa de Fixação de Pinça

Na análise da mesa de fixação de pinça, foram encontrados possíveis falhas no subconjunto do sistema pneumático, principalmente na pinça pneumática, destacando-se a subpressão e sobre pressão, NPR de 72 e 140, as quais podem ser prevenidas instalando um sistema de filtro e regulagem de pressão no circuito pneumático, conforme apresentado na Tabela 14, outra ação foi manter as principais peças de reposição em estoque.

Tabela 14 - Instalação Filtro de Linha



Fonte: Autor (2024)

Com a implantação dessa melhoria foi possível reavaliar o NPR de cada modo de falha. Destaca-se a redução do modo de falha perda de força da pinça, de NPR 72 para 36 e do modo de falha pressão elevada de NPR 140 para NPR 20. Conforme pode ser observado na Tabela 15. A tabela FMEA completa encontra-se no Apêndice F.

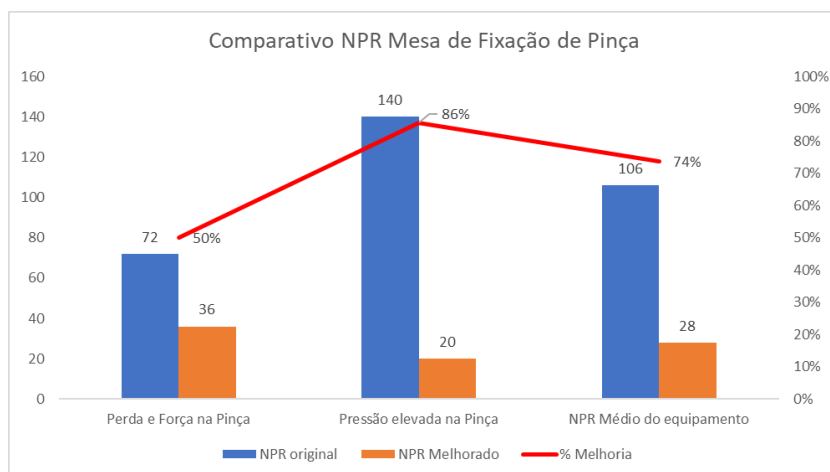
Tabela 15 - FMEA Final - Mesa Fixação Pinças

| Identificação | Local | Linha 1 | Equipamento | Mesa Fixação de Pinça | TAG | MSG-03 | | | | | |
|--------------------|------------|------------------|-------------------|-----------------------|-----|--------|--|--------------------|---|---|-----|
| SUBCONJUNTO | COMPONENTE | POSSÍVEIS FALHAS | ÍNDICES ORIGINAIS | | | | ações CORRETIVAS | ÍNDICES MELHORADOS | | | |
| | | MODO | G | F | D | NPR | RECOMENDADO | G | F | D | NPR |
| Sistema Pneumático | Pinça | Perda de força | 9 | 4 | 2 | 72 | Instalação de filtro; Ter peças de reposição no almoxarifado | 9 | 2 | 2 | 36 |
| | | Pressão elevada | 10 | 7 | 2 | 140 | Instalação de Filtro com regulador de pressão | 10 | 1 | 2 | 20 |

Fonte: Autor (2024)

O gráfico apresentado na Figura 16 ilustra a diferença do NPR antes e após a implantação das alterações sugeridas.

Figura 16 - Comparativo NPR Mesa de Fixação de Pinça



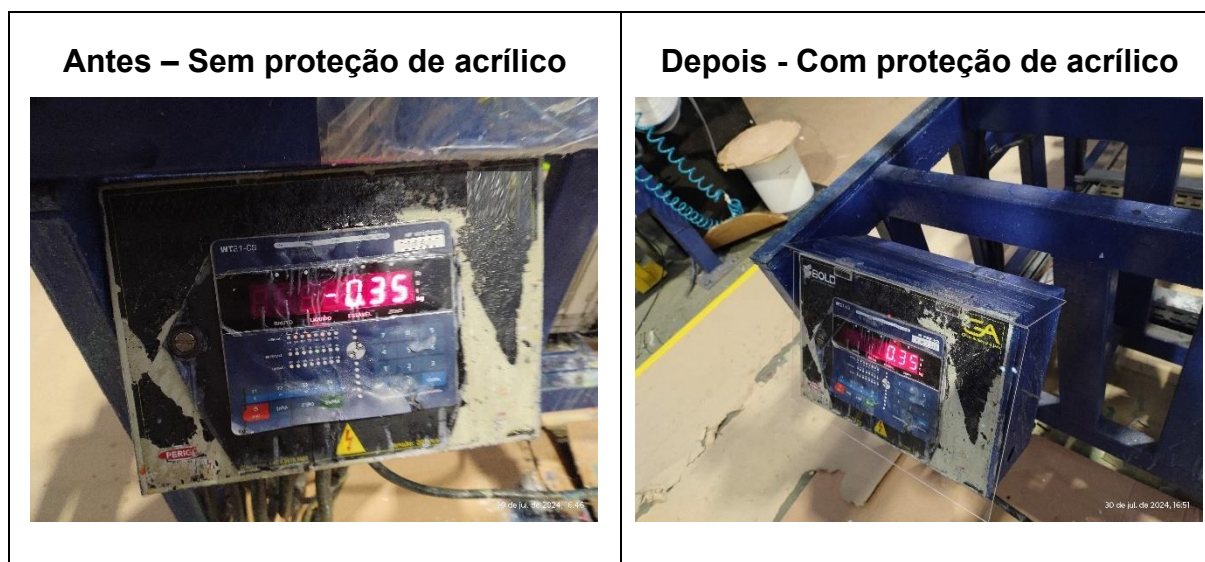
Fonte: Autor (2024)

Conforme apresentado na Figura 16 há uma redução de 50% no modo de falha perda de força e uma redução de 86% no modo de falha pressão elevada.

4.6 Mesa de Envase

No caso da mesa de envase, as principais falhas encontradas foram nos subconjuntos do sistema de elétrica, estrutural e sistema pneumático. Entre as possíveis falhas destaca-se perda de calibração da balança, NPR de 120, danos ao painel da balança, com NPR de 70, mau funcionamento da célula de carga, NPR de 120, mau funcionamento da mesa articulada, com NPR de 80, quebra dos braços articulados, NPR de 60 e mau funcionamento dos cilindros pneumáticos, NPR de 60. Para mitigar estas falhas elaborou-se um sistema de proteção para o painel da balança, conforme Tabela 16, elaboração de plano de manutenção preventiva para cada tópico, conforme Figura 17.

Tabela 16 - Instalação Proteção Painel Balança



Fonte: Autor (2024)

Figura 17 - Planos de Manutenção Mesa de Envase

| Editar | Ações | Sequ... | Descrição da Manutenção | Revisão por Tempo Instalado a cada |
|--------|-------|---------|-----------------------------|------------------------------------|
| Editar | Ações | 1 | INSPEÇÃO TRIMESTRAL | 3 Meses |
| Editar | Ações | 2 | BAL-PRE01 (BALANÇA DIGITAL) | 4 Meses |

Fonte: Autor (2024)

Conforme apresentado na Figura 17 foram elaborados 2 planos de manutenção para mesa de envase. Abaixo apresenta-se de forma resumida cada uma delas.

Inspeção Trimestral: De forma resumida e verificação de funcionamento dos principais componentes. Essa manutenção atende os modos de falha de mau funcionamento da mesa articulada, quebra dos braços articulados e mau funcionamento dos cilindros pneumáticos. Plano de manutenção detalhado encontra-se no Apêndice S.

Calibração da Balança: Trata-se contratação de uma empresa especializada para realizar a verificação e calibração da balança acoplada a mesa. Plano de manutenção detalhado encontra-se no Apêndice T.

Com a implantação dos planos de manutenção e proteção do painel foi possível reavaliar o NPR de cada modo de falha conforme apresentado na Tabela 17. A tabela FMEA completa encontra-se no Apêndice G.

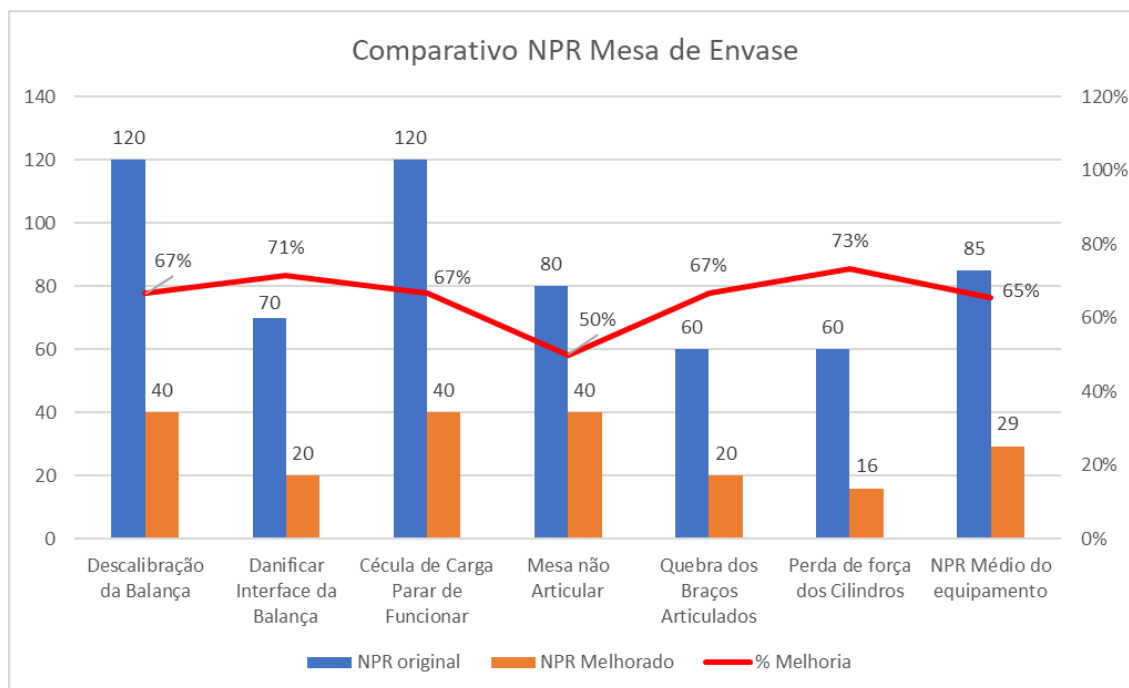
Tabela 17 - FMEA Final - Mesa de Envase

| Identificação | Local | Linha 1 | Equipamento | Mesa de Envase | TAG | MSG-04 | | | | | |
|--------------------|--------------------|---------------------|-------------------|----------------|-----|--------|--|--------------------|---|---|-----|
| SUBCONJUNTO | COMPONENTE | POSSÍVEIS FALHAS | ÍNDICES ORIGINAIS | | | | ações CORRETIVAS | ÍNDICES MELHORADOS | | | |
| | | MODO | G | F | D | NPR | RECOMENDADO | G | F | D | NPR |
| Elétrica | Painel balança | Descalibração | 10 | 4 | 3 | 120 | Determinar períodos de calibração da balança | 10 | 2 | 2 | 40 |
| | | Danificar interface | 10 | 7 | 1 | 70 | Desenvolver proteção para o painel e interface | 10 | 2 | 1 | 20 |
| | Células de carga | Parar de funcionar | 10 | 4 | 3 | 120 | Determinar períodos de calibração | 10 | 2 | 2 | 40 |
| Estrutura | Mesa articulada | Para de articular | 10 | 4 | 2 | 80 | Desenvolver plano de lubrificação | 10 | 2 | 2 | 40 |
| | Braços articulados | Quebra | 10 | 1 | 6 | 60 | Elaborar um plano de inspeção visual | 10 | 1 | 2 | 20 |
| Sistema Pneumático | Cilindros | Perda de força | 10 | 3 | 2 | 60 | Aquisição de peça reserva | 4 | 2 | 2 | 16 |

Fonte: Autor (2024)

O gráfico apresentado na Figura 18 ilustra a diferença do NPR antes e após a implantação das alterações sugeridas.

Figura 18 - Comparativo NPR Mesa de Envase



Fonte: Autor (2024)

Conforme apresentado na última coluna da Figura 18 após a implantação dos planos de manutenção há uma redução de 65% em média no risco de a máquina vir a falhar.

4.7 Mesa de Extração de Ar

Na mesa de extração de ar, as principais falhas encontram-se nos subconjuntos estrutural e sistema pneumático. Destacando-se falha no baços de extração, NPR de 60, braços articulados, NPR de 60 e válvulas e cilindros pneumáticos, NPR de 60. A fim de mitigar estas falhas foi implantado plano de manutenção preventiva atendendo todos os modos de falhas apresentados, conforme Figura 19. Este plano trimestral busca realizar uma inspeção completa em toda a máquina a cada 3 meses. Plano de manutenção detalhado encontram no Apêndice U.

Figura 19 - Planos de Manutenção Mesa de Envase

Manutenção Preventiva de ...

Manutenção Preventiva de Máquina e Equipamentos

... Manutenção Preventiva de Máquina e Equipamentos

Máquina MESA DE EXTRACAO DE AR LINHA G-01

+ Novo **Copiar**

| Editar | Ações | Sequ... ↓↑ | Descrição da Manutenção | Revisão por Tempo Instalado a cada |
|--------|-------|------------|-------------------------|------------------------------------|
| Editar | Ações | 1 | INSPEÇÃO TRIMESTRAL | 3 Meses |

Fonte: Autor (2024)

Com a implantação do plano de manutenção foi possível reavaliar o NPR de cada modo de falha conforme apresentado na Tabela 18. A tabela FMEA completa encontra-se no Apêndice H.

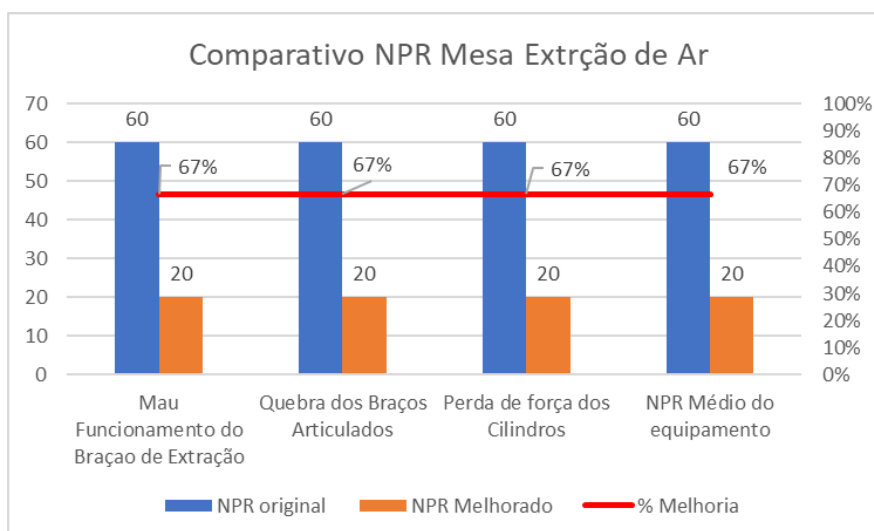
Tabela 18 - FMEA Final - Mesa de Extração de Ar

| Identificação | Local | Linha 1 | Equipamento | Mesa Extração de Ar | TAG | MSG-05 | | | | | |
|--------------------|------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|------------------|--------|---|----|---|---|-----|
| SUBCONJUNTO | COMPONENTE | POSSÍVEIS FALHAS | ÍNDICES ORIGINAIS | | AÇÕES CORRETIVAS | | ÍNDICES | | | | |
| | | MODO | G | F | D | NPR | RECOMENDADO | G | F | D | NPR |
| Estrutura | Estrutura braços de extração | Para de articular | 10 | 1 | 6 | 60 | Elaborar um plano de inspeção visual | 10 | 1 | 2 | 20 |
| | Braços articulados | | 10 | 1 | 6 | 60 | | 10 | 1 | 2 | 20 |
| Sistema Pneumático | Cilindros | Perda de força | 10 | 3 | 2 | 60 | Aquisição de peça reserva, elaborar plano de inspeção trimestral nos sistema pneumático | 10 | 1 | 2 | 20 |

Fonte: Autor (2024)

O gráfico apresentado na Figura 20 ilustra a diferença do NPR antes e após a implantação das alterações sugeridas.

Figura 20 - Comparativo NPR Mesa de Extração de Ar



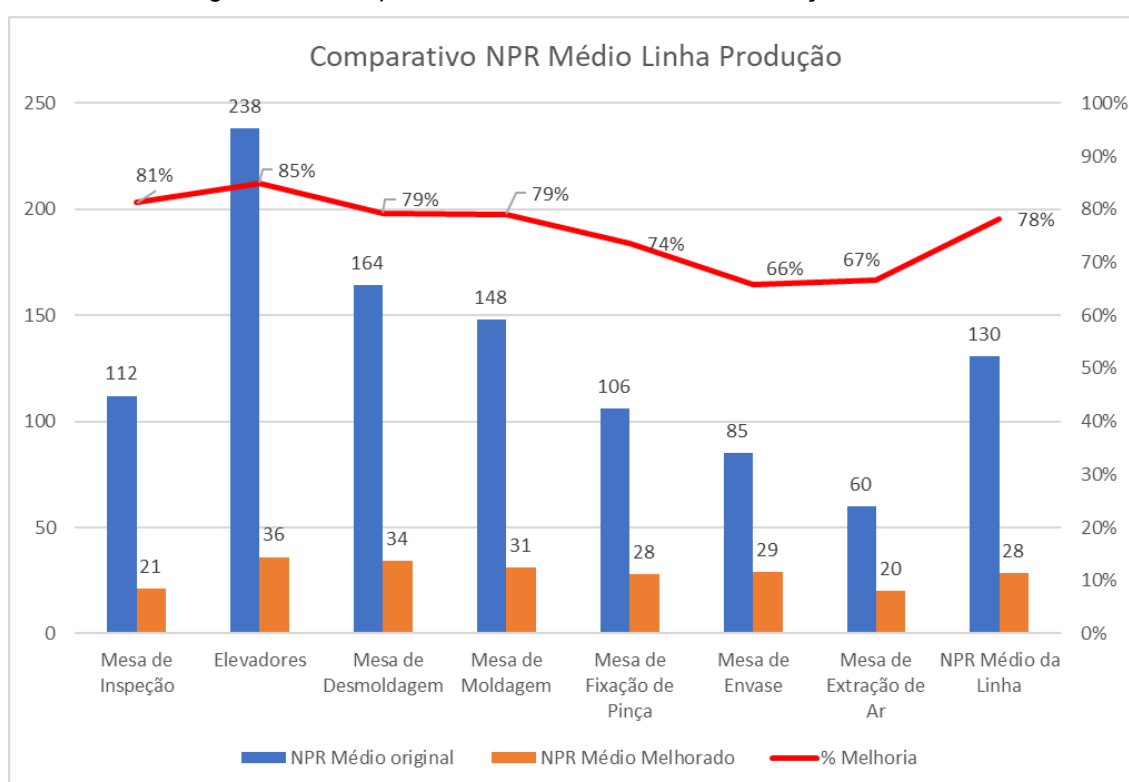
Fonte: Autor (2024)

Conforme apresentado na Figura 20 houve uma redução de 67% em todos os modos de falhas.

4.8 Resultado Final

Após a aplicação da ferramenta FMEA e a realização de todas as ações corretivas, preventivas e preditivas, obteve-se como resultado a redução dos índices de riscos de cada equipamento e na linha de produção estudada. Na Figura 21 apresenta-se um gráfico demonstrando como era o índice de risco médio antes da aplicação da ferramenta e como ficou após a aplicação em cada equipamento.

Figura 21 - Comparativo NPR Médio Linha de Produção



Fonte: Autor (2024)

Conforme apresentado na última coluna da Figura 21, após a implantação dos planos de manutenção há uma redução de 78% em média no risco de interrupção do processo produtivo na linha estudada. Assim, demonstra-se a eficiência da aplicação da ferramenta FMEA nesses casos.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho buscou-se analisar as possíveis falhas que poderiam interromper o processo de produção em uma linha de chapas acrílicas, através da utilização da ferramenta FMEA a qual tem como função auxiliar na identificação de possíveis falha além de evidenciar quais os pontos com maior probabilidade de falhar e interromper o processo envolvido.

Com a utilização da ferramenta FMEA tornou-se possível atingir com sucesso o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho. Através da evidenciação dos modos de falha que possuem os maiores índices de risco, direcionando as ações que possibilitaram melhorar a disponibilidade dos equipamentos empregados no processo produtivo.

Para o sucesso da utilização da ferramenta FMEA foi necessário seguir 5 etapas, as quais possibilitaram responder as perguntas: “Quais são os modos de falhas possíveis de ocorrer?” “Quais componentes do sistema, ou subsistema, serão afetados por esses modos de falhas?” “Quais os efeitos da falha do sistema, ou subsistema, em termos de danos físicos, segurança, perda financeira e qualidade final do produto?” “Qual ação, ou ações, pode ser executada para evitar a ocorrência da falha?”

Ao responder as perguntas acima foi possível avaliar cada provável falha e propor ações corretivas, preventivas e preditivas, possibilitando a redução dos índices de riscos na linha de produção estudada, por exemplo no caso de falha no redutor do elevador, tinha como NPR inicial de 560 o qual analisando e implantando o plano de manutenção preventivo foi possível reduzir seu NPR para 40. E na linha de produção em geral houve uma redução 78% em média no risco de interrupção do processo produtivo na linha estudada, indicando assim a eficiência da aplicação da ferramenta FMEA.

Este trabalho contribuiu para ampliar a gama máquinas abrangidas pelo plano de manutenção da empresa, no que diz respeito ao plano de manutenção preventiva e preditiva, melhorar os equipamentos através das ações corretivas implantadas. Com essas ações aumentou a disponibilidade dos equipamentos para uso produtivo.

Como sugestão para trabalhos futuros, sugere-se a ampliação do FMEA aos demais processos mantenedores da empresa e tornar o uso da ferramenta FMEA de forma recorrente.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial**: conceitos básicos e tecnologia aplicada. São Paulo: Editora Saraiva, 2014.
- ANDRADE, João Victor Virgínio de et al. **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO PARA O SETOR DE LAPIDAÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE VIDROS**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, [S.L.], v. 9, n. 7, p. 1301-1321, 22 ago. 2023. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação. <http://dx.doi.org/10.51891/rease.v9i7.10660>.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Confiabilidade e manutenibilidade**, NBR 5462. Rio de Janeiro, 1994.
- BRANCO FILHO, Gil. **A Organização o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2008.
- CABRAL, José Paulo Saraiva et al. **Gestão da Manutenção: de equipamentos, instalações e edifícios**. 4. ed. Lisboa: Lidel - Edições Técnicas, Ltda., 2021. 326 p.
- ELHANNANI, Abdelhak et al. **Application of the FMECA method on the electro-hydraulic system for drilling machine type NKH45**. Studies In Engineering and Exact Sciences, [S.L.], v. 5, n. 1, p. 2254-2271, 28 Maio 2024. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.54021/seesv5n1-112>.
- GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira; SILVEIRA, Aline Morais da. **Manutenção industrial**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. 182 p. (ISBN 9788595026971) Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595026971>. Acesso em: 16 set. 2023
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio de Aquino. **Manutenção – Função estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2019.
- MARINHO, Luís Henrique Nogueira et al. **Aplicação da Metodologia FMEA: Análise das Falhas de Motores de Uma Usina Sucoalcooleira**. 2022. Disponível em: https://aprepro.org.br/conbrepro/anais/arquivos/10182022_151054_634eec2eb3436.pdf. Acesso em: 15 jun. 2024.
- MONCHY, François. **A Função Manutenção-Formação para a gerência da Manutenção industrial**. São Paulo: Editora Durban Ltda/EDBRAS – Editora Brasileira Ltda, 1989.
- MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance**: second edition. 2ª. ed. New York: Industrial Press Inc., 1997.
- NAKAJIMA, Seiichi. Introdução ao **TPM - Total Productive Maintenance**. Tradução Mário Nishimura. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989. 105 p.
- NAKAZATO, K. **Manual de Implementação do TPM**. Nagoya: JIPM, Japan Institute of Plant Maintenance, 1999.

PEREIRA, Paulo Apicelo de Souza; OLIVEIRA, Helton Luiz Santana. **PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO BASEADA EM RISCO NUMA EMPRESA DE COMÉRCIO E DISTRIBUIÇÃO DE COMBUSTÍVEIS**. Anais do Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Rio de Janeiro, p. 1-18, 14 jul. 2022. CNEG 2022 – XVI Congresso Nacional de Excelência em Gestão. http://dx.doi.org/10.14488/cneg2022_cneg_pt_013_0107_20050.

QUADROS, Cleiton. **Proposta para implementação de um plano de manutenção autônoma em um laboratório de máquinas operatrizes – um estudo de caso**. 2018. 66 f. TCC (Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia De Santa Catarina, Jaraguá do Sul, 2018. Disponível em: < <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/435>>. Acesso em: 30 ago. 2023

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção centrada na confiabilidade**: manual de implantação. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2012.

TEIXEIRA, Laíne de Cássia et al. **APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL DE PEQUENO PORTE**. Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção, [S.L.], p. 1-13, 6 nov. 2019. ENEGEP 2019 - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. http://dx.doi.org/10.14488/enegep2019_tn_sto_000_1636_37866.

VIANA, Herberto Ricardo Garcia. **PCM, planejamento e controle de manutenção**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2022.

VIEIRA, Rafael Chaves da Cunha et al. **Aplicação da ferramenta FMEA no processo de manutenção / Application of the FMEA tool in the maintenance process**. Brazilian Journal Of Development, [S.L.], v. 8, n. 6, p. 44026-44041, 6 jun. 2022. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv8n6-097>.

WYRELSKI, Jerzy. **Manutenção produtiva total - um modelo adaptado**. 1997. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/158161>>. Acesso em: 12 out. 2022.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. (2Ed.). Porto Alegre: Bookman. 2001.

APÊNDICE A – Tabela de subconjuntos

| Maquina | Subconjunto | Componentes | Maquina | Subconjunto | Componentes | Maquina | Subconjunto | Componentes | | |
|------------------|-------------------------|--|------------------|-------------------------|--|-------------------------|--|--|-------------------------|--|
| Mesa de Inspeção | Movimentação Horizontal | Rodas Mancais / Rolamentos Rolos Eixos | Mesa Desmoldagem | Movimentação Horizontal | Rodas Mancais / Rolamentos Eixos Rodas das cabeceiras Motoredutor | Mesa Fixação de Pinça | Movimentação Horizontal | Rodas Mancais / Rolamentos Eixos | | |
| | Elétrica | Luminárias Tomas | | Movimentação Vertical | Motores Fuso Correia | | Estrutura | Mesa | | |
| | Estrutura | Estrutura inferior Mesa articulada | | Elétrica | Painel de comandos Sensores | Sistema Pneumático | Tubulação Pinças | Mesa de Envase | Movimentação Horizontal | Rodas Mancais / Rolamentos Eixos |
| | Sistema Pneumático | Tubulação Válvula Cilindros | | Estrutura | Estrutura mesa Estrutura ventosas Estrutura extrator Caminho de rolamento | Elétrica | Painel balança Células de carga Sensores dos batentes Botoeiras de comandos | | | |
| Elevador | Movimentação Horizontal | Rodas Rolamentos Eixos | Mesa de Moldagem | Sistema Pneumático | Tubulação Eletroválvulas Cilindros Sistema de vácuo | Mesa Extração de Ar | Estrutura | Estrutura mesa Mesa articulada Batentes de segurança Braços articulados | | |
| | Movimentação Vertical | Motor Redutor Corrente Mancais / Rolamentos Eixo Rodas guias | | Movimentação Horizontal | Rodas Mancais / Rolamentos Eixos | | Sistema Pneumático | Tubulação Válvula Cilindros Eletroválvula | | |
| | Elétrica | Painel de comandos Botoeiras de comandos Sensores fim de curso Iluminação | | Movimentação Vertical | Motor Fuso Correia | Movimentação Horizontal | Rodas Mancais / Rolamentos Eixos | | | |
| | Sistema de segurança | Trava quedas | | Elétrica | Painel de comandos Sensores | Estrutura | Estrutura mesa Estrutura braços de extração Braços articulados | | | |
| | | | | Sistema Pneumático | Tubulação Eletroválvulas Cilindros Sistema de vácuo | | Sistema Pneumático | Tubulação Válvulas Cilindros | | |

APÊNDICE B – Tabela de FMEA Mesa de Inspeção

| EMPRESA X | FMEA - Análise do Modo e Efeito da Falha | | | | Revisão | 00 | | | | | | | | |
|-------------------------|--|-------------------|--|---|----------------|-----------------|---|-----|---|---------|---------|---|---|-----|
| | | | | | Data | 25/05/2024 | | | | | | | | |
| | | | | | Resp. | Maicon Binsfeld | | | | | | | | |
| Identificação | Local | Linha 1 | Equipamento | Mesa de Inspeção | | | | TAG | MSI-01 | | | | | |
| SUBCONJUNTO | COMPONENTE | POSSÍVEIS FALHAS | | | ÍNDICES ATUAIS | | | | AÇÕES CORRETIVAS | | ÍNDICES | | | |
| | | MODO | CAUSA | EFEITO | G | F | D | NPR | RECOMENDADO | ADOTADA | G | F | D | NPR |
| Movimentação Horizontal | Rodas | Quebra | Impacto | Riscar a chapa | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| | | | Sobrepeso | | | | | | | | | | | |
| | Mancais / Rolamentos | Trancar | Falta de lubrificação | Riscar a chapa | 4 | 3 | 1 | 12 | | | | | | |
| | | Quebrar | Impacto | Parar o processo | 4 | 4 | 1 | 16 | | | | | | |
| | Eixos | Empenar | Sobrepeso | Riscar chapa | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| | | Oxidar | Falta de proteção na superfície | Sujar a chapa | 2 | 4 | 1 | 8 | | | | | | |
| Elétrica | Luminárias | Fuga de energia | Fiação desencapada, falta de proteção em cantos vivos | Choque nos operadores, curto circuito | 7 | 4 | 4 | 112 | Colocar prensa-cabo nos pontos com canto vivo | | 7 | 1 | 2 | 14 |
| | | Queimar | Vida útil, curto circuito | Atrasa o processo | 4 | 4 | 2 | 32 | | | | | | |
| | Tomadas | Fuga de energia | Fiação desencapada, falta de proteção em cantos vivos | Choque nos operadores, curto circuito, parada de produção | 7 | 2 | 3 | 42 | | | | | | |
| | | Curto circuito | Uso de equipamento inadequado | | 7 | 4 | 4 | 112 | Identificar tenção e corrente correta para a tomada | | 7 | 2 | 2 | 28 |
| Estrutura | Estrutura mesa | Quebra | Impacto, desgaste por uso, sobrepeso | Parada no processo | 10 | 1 | 1 | 10 | | | | | | |
| Sistema Pneumático | Tubulação | Vazamento de ar | Falta de proteção em cantos vivos, instalação incorreta | Perda financeira na geração de ar, parada de processo | 3 | 3 | 1 | 9 | | | | | | |
| | Válvula | Quebra | Impacto, uso incorreto | Atraso na produção | | | | | | | | | | |
| | | Mau funcionamento | Sujeira no ar, rompimento de vedação, desgaste por vida útil | | 4 | 2 | 2 | 16 | | | | | | |
| | Cilindros | Perda de força | Vazamento de ar, rompimento das vedações, desgaste por uso | | 4 | 2 | 2 | 16 | | | | | | |
| | | Quebra | Impacto, uso incorreto | | 4 | 1 | 1 | 4 | | | | | | |

APÊNDICE C – Tabela de FMEA Elevador

| EMPRESA X | FMEA - Análise do Modo e Efeito da Falha | | | | Revisão | 00 | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|---------------------------------|--|--|--|-----------------|----|-----|--|--|--------------------|----|----|-----|----|
| | | | | | Data | 25/05/2024 | | | | | | | | | |
| | | | | | Resp. | Maicon Binsfeld | | | | | | | | | |
| Identificação | Local | Linha 1 | | Equipamento | Elevador 01 / Elevador 02 | | | | TAG | ELG-01 / ELG-02 | | | | | |
| SUBCONJUNTO | COMPONENTE | POSSÍVEIS FALHAS | | | ÍNDICES ATUAIS | | | | AÇÕES CORRETIVAS | | ÍNDICES MELHORADOS | | | | |
| | | MODO | CAUSA | EFEITO | G | F | D | NPR | RECOMENDADO | ADOTADA | G | F | D | NPR | |
| Movimentação Horizontal | Rodas | Quebra | Impacto Sobrepeso | Parada de processo a longo prazo, perda de resistência a longo prazo | 10 | 1 | 1 | 10 | | | | | | | |
| | Rolamentos | Trancar | Desgaste por uso | | 10 | 1 | 1 | 10 | | | | | | | |
| | Eixos | Empenar | Sobrepeso | | 5 | 1 | 1 | 5 | | | | | | | |
| Movimentação Vertical | Motor | Trancar | Travar rolamentos | Parada de processo a longo prazo, queimar motor | 10 | 5 | 9 | 450 | Implantar análise de vibração; implantar medição de corrente do motor semestralmente | | 10 | 3 | 2 | 60 | |
| | | Queimar | Subtensão e Sobreensão | | 10 | 4 | 2 | 80 | | 10 | 2 | 2 | 40 | | |
| | Redutor | Quebra | Falta de óleo, trancar rolamento, sobrepeso | | 10 | 7 | 8 | 560 | Implantar inspeção anual no redutor | | 10 | 2 | 2 | 40 | |
| | Corrente | | Falta de lubrificação e sobrepeso | | 10 | 4 | 9 | 360 | Implantar inspeção e lubrificação trimestral | | 10 | 2 | 2 | 40 | |
| | Rodas guia | Quebra | Impacto | | 10 | 1 | 2 | 20 | | | | | | 0 | |
| | Mancais / Rolamentos | Trancar | Falta de lubrificação | | Parada de processo a longo prazo, perda de resistência a longo prazo, risco aos operadores | 10 | 6 | 3 | 180 | Implantar inspeção e lubrificação trimestral | | 10 | 2 | 1 | 20 |
| | | Quebrar | Impacto | | | 10 | 2 | 1 | 20 | | | | | | |
| | Eixos | Empenar | Sobrepeso | | Perda de resistência a longo prazo | 5 | 2 | 1 | 10 | | | | | | |
| Oxidar | | Falta de proteção na superfície | 5 | 2 | | 1 | 10 | | | | | | | | |
| Elétrica | Painel de comandos | Falha de botoeiras | Falta de limpeza, desgaste por uso, sobreensão | Parada de processo a longo prazo, risco aos operadores | 10 | 2 | 1 | 20 | Elaborar plano de inspeção semestral, manter principais componentes em estoque | | 7 | 3 | 2 | 42 | |
| | | Falha de componentes internos | | | 10 | 5 | 5 | 250 | | | | | | | |
| | Botoeiras de comandos | Falha de botoeiras | Desgaste por uso, quebra por impacto | Atraso no processo | 5 | 2 | 2 | 20 | | | | | | | |
| | Sensores fim de curso | Mau funcionamento | Desgaste por uso, rompimento de fiação | Parada de processo a longo prazo, risco aos operadores | 10 | 2 | 5 | 100 | Elaborar plano de inspeção trimestral | | 10 | 2 | 2 | 40 | |
| | | Quebra | Impacto | | 10 | 2 | 1 | 20 | | | | | | | |
| Iluminação | Mau funcionamento | Queimar, rompimento de fiação | Sem impacto | 2 | 2 | 1 | 4 | | | | | | | | |
| Sistemas de segurança | Trava quedas | Não acionar | Montagem incorreta | Não segurar elevador no momento da queda | 10 | 4 | 2 | 80 | Elaborar plano de inspeção trimestral | | 10 | 2 | 1 | 20 | |
| | | Não cortar energia do elevador | Montagem incorreta ou falha no sensor | Não desligar energia do elevador no momento da queda | 10 | 4 | 2 | 80 | | | | | | | 10 |

APÊNDICE D – Tabela de FMEA Mesa Desmoldagem

| EMPRESA X | FMEA - Análise do Modo e Efeito da Falha | | | | Revisão | 00 | | | | | | | | |
|-------------------------|--|--|--|--|------------------|-----------------|-----|---|--|---------|---------|---|----|-----|
| | | | | | Data | 25/05/2024 | | | | | | | | |
| | | | | | Resp. | Maicon Binsfeld | | | | | | | | |
| Identificação | Local | Linha 1 | | Equipamento | Mesa Desmoldagem | | | | TAG | MSG-01 | | | | |
| SUBCONJUNTO | COMPONENTE | POSSÍVEIS FALHAS | | | ÍNDICES ATUAIS | | | | AÇÕES CORRETIVAS | | ÍNDICES | | | |
| | | MODO | CAUSA | EFEITO | G | F | D | NPR | RECOMENDADO | ADOTADA | G | F | D | NPR |
| Movimentação Horizontal | Rodas | Quebra | Impacto Sobrepeso | Atraso no processo | 4 | 2 | 1 | 8 | | | | | | |
| | Mancais / Rolamentos | Trancar | Falta de lubrificação | | 4 | 2 | 1 | 8 | | | | | | |
| | | Quebrar | Impacto | | 4 | 2 | 1 | 8 | | | | | | |
| | Eixos | Empenar | Sobrepeso | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| | | Oxidar | Falta de proteção na superfície | Perda de resistência a longo prazo | 4 | 2 | 2 | 16 | | | | | | |
| | Rodas das cabeceiras | Trancar | Travar rolamentos | Parada no processo | 10 | 3 | 7 | 210 | Implantar inspeção preventiva semestral | | 10 | 2 | 2 | 40 |
| Motoredutor | Trancar | Travar rolamentos, falta de lubrificação | 10 | | 4 | 7 | 280 | Implantar medição de corrente do motor semestralmente | | 10 | 2 | 2 | 40 | |
| | Queimar | Subtensão e Sobretensão | 10 | | 3 | 2 | 60 | | | 10 | 3 | 2 | 60 | |
| Movimentação Vertical | Motor | Trancar | Travar rolamentos | 10 | 4 | 7 | 280 | Implantar plano de lubrificação bimestral | | 10 | 2 | 2 | 40 | |
| | | Queimar | Subtensão e Sobretensão | 10 | 3 | 2 | 60 | | | 10 | 2 | 2 | 40 | |
| | Fuso | Trancar castanha do fuso | Falta de lubrificação | 10 | 4 | 2 | 80 | Implantar plano de inspeção bimestral | | 10 | 2 | 1 | 20 | |
| | Correia | Romper | Desgaste por uso | 10 | 2 | 3 | 60 | | | 10 | 2 | 1 | 20 | |
| Elétrica | Painel de comandos | Falha de botoeiras | Falta de limpeza, desgaste por uso, sobretensão | Parada de processo a longo prazo, risco aos operadores | 10 | 2 | 1 | 20 | Elaborar plano de inspeção semestral, manter principais componentes em estoque | | 10 | 2 | 2 | 40 |
| | | Falha de componentes internos | | | 10 | 4 | 5 | 250 | | | 10 | 2 | 2 | 40 |
| | Sensores | Falha de funcionamento | Rompimento de fio e vida útil | | 10 | 2 | 5 | 250 | | | 10 | 1 | 2 | 20 |
| Estrutura | Estrutura mesa | Danos a estrutura | Impacto, desgaste por uso, sobrepeso | Parada no processo | 10 | 1 | 1 | 10 | | | | | | |
| | Caminho de rolamento | | | | 10 | 1 | 1 | 10 | | | | | | |
| | Estrutura extrator | | | | 10 | 1 | 1 | 10 | | | | | | |
| | Estrutura ventosas | | | | 10 | 1 | 1 | 10 | | | | | | |
| Sistema Pneumático | Tubulação | Vazamento de ar | Falta de proteção em cantos vivos, instalação incorreta | Perda financeira na geração de ar, parada de processo | 3 | 3 | 1 | 9 | | | | | | |
| | Eletroválvula | Mau funcionamento | Sujeira no ar, rompimento de vedação, desgaste por vida útil | Parada de processo | 10 | 3 | 2 | 60 | Aquisição de peça reserva | | 4 | 1 | 2 | 8 |
| | | Queimar bobina | Sobretensão | | 10 | 1 | 1 | 10 | | | | | | |
| | Cilindros | Perda de força | Vazamento de ar, rompimento das vedações, desgaste por uso | | 10 | 3 | 2 | 60 | Aquisição de peça reserva | | 4 | 2 | 2 | 16 |
| | | Quebra | Impacto, uso incorreto | 10 | 2 | 1 | 20 | | | | | | | |
| | Sistema de vácuo | Falha no vácuo | Queda do molde | Parada de processo, risco aos operadores, perda financeira | 8 | 5 | 8 | 320 | Implantar inspeção bimestral no sistema de vácuo | | 8 | 2 | 3 | 48 |

APÊNDICE E – Tabela de FMEA Mesa de Moldagem

| EMPRESA X | FMEA - Análise do Modo e Efeito da Falha | | | | Revisão | 00 | | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|-------------------------------|--|--|--|------------|---|-----|--|--|----|---|---------|-----|----|--|
| | | | | | Data | 25/05/2024 | | | | | | | | | | |
| | | | | Resp. | Maicon Binsfeld | | | | | | | | | | | |
| Identificação | Local | Linha 1 | Equipamento | Mesa de Moldagem | | | | TAG | MSG-02 | | | | | | | |
| SUBCONJUNTO | COMPONENTE | POSSÍVEIS FALHAS | | | ÍNDICES ATUAIS | | | | AÇÕES CORRETIVAS | | | | ÍNDICES | | | |
| | | MODO | CAUSA | EFEITO | G | F | D | NPR | RECOMENDADO | ADOTADA | G | F | D | NPR | | |
| Movimentação Horizontal | Rodas | Quebra | Impacto | Atraso no processo | 4 | 2 | 1 | 8 | | | | | | | | |
| | | | Sobrepeso | | | | | | | | | | | | | |
| | Mancais / Rolamentos | Trancar | Falta de lubrificação | | 4 | 2 | 1 | 8 | | | | | | | | |
| | | Quebrar | Impacto | | 4 | 2 | 1 | 8 | | | | | | | | |
| | Eixos | Empenar | Sobrepeso | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | |
| | | Oxidar | Falta de proteção na superfície | | Perda de resistência a longo prazo | 4 | 2 | 2 | 16 | | | | | | | |
| Movimentação Vertical | Motor | Trancar | Travar rolamentos | Parada no processo | 10 | 4 | 7 | 280 | Implantar medição de corrente do motor semestralmente | | 10 | 3 | 2 | 60 | | |
| | | Queimar | Subtensão e Sobretensão | | 10 | 3 | 2 | 60 | | 10 | 2 | 2 | 40 | | | |
| | Fuso | Trancar castanha do fuso | Falta de lubrificação | | 10 | 4 | 2 | 80 | Implantar plano de lubrificação bimestral | | 10 | 2 | 2 | 40 | | |
| | Correia | Romper | Desgaste por uso | | 10 | 2 | 3 | 60 | Implantar plano de inspeção bimestral | | 10 | 2 | 1 | 20 | | |
| Elétrica | Painel de comandos | Falha de botoeiras | Falta de limpeza, desgaste por uso, sobretensão | Parada de processo a longo prazo, risco aos operadores | 10 | 2 | 1 | 20 | Elaborar plano de inspeção semestral, manter principais componentes em estoque | | 10 | 2 | 2 | 40 | | |
| | | Falha de componentes internos | | | 10 | 4 | 5 | 250 | | 10 | 2 | 2 | 40 | | | |
| | Sensores | Falha de funcionamento | Rompimento de fio e vida útil | | 10 | 2 | 5 | 250 | | 10 | 1 | 2 | 20 | | | |
| Estrutura | Estrutura mesa | Quebra | Impacto, desgaste por uso, sobrepeso | Parada no processo | 10 | 1 | 1 | 10 | Elaborar um plano de inspeção visual | | | | | | | |
| | Estrutura extrator | | | | 10 | 1 | 1 | 10 | | | | | | | | |
| | Estrutura ventosas | | | | 10 | 1 | 1 | 10 | | | | | | | | |
| | Braços articulados | | Rompimento de solda, impacto | | 10 | 1 | 6 | 60 | | 10 | 1 | 2 | 20 | | | |
| Sistema Pneumático | Tubulação | Vazamento de ar | Falta de proteção em cantos vivos, instalação incorreta | Perda financeira na geração de ar, parada de processo | 3 | 3 | 1 | 9 | | | | | | | | |
| | Eletroválvula | Mau funcionamento | Sujeira no ar, rompimento de vedação, desgaste por vida útil | Parada de processo | 10 | 3 | 2 | 60 | Aquisição de peça reserva | | 4 | 1 | 2 | 8 | | |
| | | | Queimar bobina | | Sobretensão | 10 | 1 | 1 | 10 | | | | | | | |
| | Cilindros | Perda de força | Vazamento de ar, rompimento das vedações, desgaste por uso | | 10 | 3 | 2 | 60 | Aquisição de peça reserva | | 4 | 2 | 2 | 16 | | |
| | | | Quebra | | Impacto, uso incorreto | 10 | 2 | 1 | 20 | | | | | | | |
| | Sistema de vácuo | Falha no vácuo | Queda do molde | | Parada de processo, risco aos operadores, perda financeira | 8 | 5 | 8 | 320 | Implantar inspeção bimestral no sistema de vácuo | | 8 | 2 | 3 | 48 | |

APÊNDICE F – Tabela de FMEA Mesa Fixação de Pinça

| EMPRESA X | FMEA - Análise do Modo e Efeito da Falha | | | | Revisão | 00 | | | | | | | | | |
|-------------------------|--|------------------|--|---|------------------------------------|-----------------|---|-----|--|---|---------|----|---|-----|----|
| | | | | | Data | 25/05/2024 | | | | | | | | | |
| | | | | | Resp. | Maicon Binsfeld | | | | | | | | | |
| Identificação | Local | Linha 1 | Equipamento | Mesa Fixação de Pinça | | | | TAG | MSG-03 | | | | | | |
| SUBCONJUNTO | COMPONENTE | POSSÍVEIS FALHAS | | | ÍNDICES ATUAIS | | | | AÇÕES CORRETIVAS | | ÍNDICES | | | | |
| | | MODO | CAUSA | EFEITO | G | F | D | NPR | RECOMENDADO | ADOTADA | G | F | D | NPR | |
| Movimentação Horizontal | Rodas | Quebra | Impacto | Atraso no processo | 4 | 2 | 1 | 8 | | | | | | | |
| | | | Sobrepeso | | | | | | | | | | | | |
| | Mancais / Rolamentos | Trancar | Falta de lubrificação | | 4 | 2 | 1 | 8 | | | | | | | |
| | | Quebrar | Impacto | | 4 | 2 | 1 | 8 | | | | | | | |
| | Eixos | Empenar | Sobrepeso | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | |
| | | Oxidar | Falta de proteção na superfície | | Perda de resistência a longo prazo | 4 | 2 | 2 | 16 | | | | | | |
| Estrutura | Estrutura mesa | Quebra | Impacto, desgaste por uso, sobrepeso | Parada no processo | 10 | 1 | 1 | 10 | | | | | | | |
| Sistema Pneumático | Tubulação | Vazamento de ar | Instalação incorreta | Perda financeira na geração de ar, parada de processo | 3 | 3 | 1 | 9 | | | | | | | |
| | Pinça | Perda de força | Vazamento de ar, rompimento das vedações, desgaste por uso | Parada no processo | 9 | 4 | 2 | 72 | Instalação de filtro; Ter peças de reposição no almoxarifado | | 9 | 2 | 2 | 36 | |
| | | Pressão elevada | Falta de regulador de pressão | Quebra de molde | Quebra de molde | 10 | 7 | 2 | 140 | regulador de pressão, filtro e lubrificante | | 10 | 1 | 2 | 20 |
| | | Quebra | Impacto, uso incorreto | Parada no processo | Parada no processo | 7 | 4 | 1 | 28 | | | | | | |

APÊNDICE G – Tabela de FMEA Mesa de Envase

| EMPRESA X | FMEA - Análise do Modo e Efeito da Falha | | | | Revisão | 00 | | | | | | | | |
|-------------------------|--|----------------------|--|--|------------------------------------|------------|----|-----|--|---------|---------|---|---|-----|
| | | | | | Data | 25/05/2024 | | | | | | | | |
| | | | | Resp. | Maicon Binsfeld | | | | | | | | | |
| Identificação | Local | Linha 1 | Equipamento | Mesa de Envase | TAG | MSG-04 | | | | | | | | |
| SUBCONJUNTO | COMPONENTE | POSSÍVEIS FALHAS | | | ÍNDICES ATUAIS | | | | AÇÕES CORRETIVAS | | ÍNDICES | | | |
| | | MODO | CAUSA | EFEITO | G | F | D | NPR | RECOMENDADO | ADOTADA | G | F | D | NPR |
| Movimentação Horizontal | Rodas | Quebra | Impacto | Atraso no processo | 4 | 2 | 1 | 8 | | | | | | |
| | | | Sobrepeso | | | | | | | | | | | |
| | Mancais / Rolamentos | Trancar | Falta de lubrificação | | 4 | 2 | 1 | 8 | | | | | | |
| | | Quebrar | Impacto | | 4 | 2 | 1 | 8 | | | | | | |
| | Eixos | Empenar | Sobrepeso | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| | | Oxidar | Falta de proteção na superfície | | Perda de resistência a longo prazo | 4 | 2 | 2 | 16 | | | | | |
| Elétrica | Painel balança | Queimar | Sobretensão | Parada de processo a longo prazo | 10 | 2 | 1 | 20 | | | | | | |
| | | Descalibração | Desgaste por uso | Perda financeira, perda de qualidade | 10 | 4 | 3 | 120 | Determinar períodos de calibração da balança | | 10 | 2 | 2 | 40 |
| | | Danificar interface | Molhar, furar, desgaste por uso | Parada de processo a longo prazo | 10 | 7 | 1 | 70 | Desenvolver proteção para o painel e interface | | 10 | 2 | 1 | 20 |
| | Células de carga | Parar de funcionar | Molhar, vida útil | Parada de processo a longo prazo, perda financeira, perda de qualidade | 10 | 4 | 3 | 120 | Determinar períodos de calibração | | 10 | 2 | 2 | 40 |
| | Sensores dos batentes | Rompimento de fiação | Fiação instalada sem proteção | Parada de processo, risco de choque elétrico | 10 | 2 | 2 | 40 | | | | | | |
| | | Quebra | Impacto | Parada de processo | 10 | 2 | 1 | 20 | | | | | | |
| Botoeiras de comandos | Mal funcionamento | Desgaste, quebra | Parada de processo | 10 | 2 | 1 | 20 | | | | | | | |
| Estrutura | Estrutura mesa | Quebra | Impacto, desgaste por uso, sobrepeso | Parada no processo | 10 | 1 | 1 | 10 | | | | | | |
| | Mesa articulada | Para de articular | Travar ou quebra de mancais | | 10 | 4 | 2 | 80 | Desenvolver plano de lubrificação | | 10 | 2 | 2 | 40 |
| | Batentes de segurança | Quebra | Desgaste por uso | | 10 | 1 | 1 | 10 | | | | | | |
| | Braços articulados | Quebra | Rompimento de solda, impacto | | 10 | 1 | 6 | 60 | Elaborar um plano de inspeção visual | | 10 | 1 | 2 | 20 |
| Sistema Pneumático | Tubulação | Vazamento de ar | Falta de proteção em cantos vivos, instalação incorreta | Perda financeira na geração de ar, parada de processo | 3 | 3 | 1 | 9 | | | | | | |
| | | Quebra | Impacto, uso incorreto | | 10 | 2 | 1 | 20 | | | | | | |
| | Válvula | Mau funcionamento | Sujeira no ar, rompimento de vedação, desgaste por vida útil | Parada de processo | 10 | 2 | 2 | 40 | | | | | | |
| | | | Sujeira no ar, rompimento de vedação, desgaste por vida útil | | 10 | 2 | 2 | 40 | | | | | | |
| | Eletroválvula | Mau funcionamento | Sujeira no ar, rompimento de vedação, desgaste por vida útil | | 10 | 2 | 2 | 40 | | | | | | |
| | | | Queimar bobina | | Sobretensão | 10 | 1 | 1 | 10 | | | | | |
| | Cilindros | Perda de força | Vazamento de ar, rompimento das vedações, desgaste por uso | | 10 | 3 | 2 | 60 | Aquisição de peça reserva | | 4 | 2 | 2 | 16 |
| | | | Quebra | | Impacto, uso incorreto | 10 | 2 | 1 | 20 | | | | | |

APÊNDICE H – Tabela de FMEA Mesa Extração de Ar

| EMPRESA X | FMEA - Análise do Modo e Efeito da Falha | | | | Revisão | 00 | | | | | | | | |
|-------------------------|--|-------------------|--|--|------------------------------------|-----------------|---|-----|---|---------|---------|---|---|-----|
| | | | | | Data | 25/05/2024 | | | | | | | | |
| | | | | | Resp. | Maicon Binsfeld | | | | | | | | |
| Identificação | Local | Linha 1 | Equipamento | Mesa Extração de Ar | | | | TAG | MSG-05 | | | | | |
| SUBCONJUNTO | COMPONENTE | POSSÍVEIS FALHAS | | | ÍNDICES ATUAIS | | | | AÇÕES CORRETIVAS | | ÍNDICES | | | |
| | | MODO | CAUSA | EFEITO | G | F | D | NPR | RECOMENDADO | ADOTADA | G | F | D | NPR |
| Movimentação Horizontal | Rodas | Quebra | Impacto | Atraso no processo | 4 | 2 | 1 | 8 | | | | | | |
| | | | Sobrepeso | | | | | | | | | | | |
| | Mancais / Rolamentos | Trancar | Falta de lubrificação | | 4 | 2 | 1 | 8 | | | | | | |
| | | Quebrar | Impacto | | 4 | 2 | 1 | 8 | | | | | | |
| | Eixos | Empenar | Sobrepeso | | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| | | Oxidar | Falta de proteção na superfície | | Perda de resistência a longo prazo | 4 | 2 | 2 | 16 | | | | | |
| Estrutura | Estrutura mesa | Quebra | Impacto, desgaste por uso, sobrepeso | Parada no processo | 10 | 1 | 1 | 10 | | | | | | |
| | Estrutura braços de extração | Para de articular | Travar ou quebra de mancais | | 10 | 1 | 6 | 60 | Elaborar um plano de inspeção visual | | 10 | 1 | 2 | 20 |
| | Braços articulados | | | | 10 | 1 | 6 | 60 | | | 10 | 1 | 2 | 20 |
| Sistema Pneumático | Tubulação | Vazamento de ar | Falta de proteção em cantos vivos, instalação incorreta | Perda financeira na geração de ar, parada de processo | 3 | 3 | 1 | 9 | | | | | | |
| | Válvula | Quebra | Impacto, uso incorreto | Parada de processo | 10 | 2 | 1 | 20 | | | | | | |
| | | Mau funcionamento | Sujeira no ar, rompimento de vedação, desgaste por vida útil | | 10 | 2 | 2 | 40 | | | | | | |
| | Cilindros | Quebra | Impacto, uso incorreto | Parada de processo a longo prazo, perda financeira, perda de qualidade | 10 | 2 | 1 | 20 | | | | | | |
| | | Perda de força | Vazamento de ar, rompimento das vedações, desgaste por uso | | 10 | 3 | 2 | 60 | Aquisição de peça reserva, elaborar plano de inspeção trimestral nos sistema pneumático | | 10 | 1 | 2 | 20 |

APÊNDICE I – Plana de manutenção Elevadores - Inspeção Trimestral

RELATÓRIO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

(Usu: 421/MAICON) PAG.: 0001

DATA: 29/07/24

DATA REF.: 29/07/24

HORA: 10:16

Dados Gerais

Número da OS: 7875

Máquina: ELG-01 - ELEVADOR DE MOLDES LINHA G-01

Data Hora / Programada: 29/07/2024 16:00

Plano: 1 - INSPEÇÃO TRIMESTRAL

Revisão por Uso a cada:

Controle de Uso por: Máquina

Revisão por Tempo Instalado a cada: 3

Tempo de Manutenção Previsto: 02:00

Operador Execução: 920 - MAICON BINSFELD

Registro de Horas Trabalhadas/Serviços

Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____
 Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____

Observação: _____

Procedimentos de Trabalho

- [] VERIFICAR SE AS CORRENTES DE MOVIMENTAÇÃO DA BASE ESTÃO ÍNTEGRAS, SEM ELOS DANIFICADOS/RESSECADOS.
- [] VERIFICAR SE AS RODAS DE DESLIZAMENTO DOS MOLDES POSSUEM DANOS, TRINCAS OU SE ESTÃO EM FALTA.
- [] VERIFICAR SE HÁ RUÍDOS DO REDUTOR NO MOMENTO DE SUBIDA E DESCIDA COM CARGA.
- [] VERIFICAR SE OS SENSORES FIM DE CURSO ESTÃO FUNCIONANDO CORRETAMENTE .
- [] VERIFICAR SE OS COMANDOS DA BOTOEIRA ESTÃO FUNCIONANDO CORRETAMENTE.
- [] VERIFICAR SE HÁ RUÍDOS NOS ROLAMENTOS DAS GUIAS DE ELEVAÇÃO DA ESTRUTURA.
- [] VERIFICAR SE HÁ DEFORMAÇÃO OU PONTOS DE FADIGA EM TORNO DA BASE DE ELEVAÇÃO (PONTOS DE CONEXÃO).
- [] VERIFICAR SE A CORRENTE DE TRANSMISSÃO APARENTA TER ALGUM DANO SUPERFICIAL.
- [] VERIFICAR SE AS ENGRENAGENS DO SISTEMA DE ELEVAÇÃO ESTÃO ÍNTEGRAS SEM DANOS NOS DENTES.
- [] VERIFICAR O NÍVEL DE ÓLEO DO REDUTOR.
- [] VERIFICAR SE OS CALÇOS DA PLATAFORMA ESTÃO DANIFICADOS.
- [] ABRIR AS CALHAS DAS GUIAS DE ELEVAÇÃO E VERIFICAR:
- [] - SE OS PONTOS DE FIXAÇÃO DAS CORRENTES POSSUEM ALGUMA DEFORMIDADE OU OXIDAÇÃO SEVERA.
- [] - SE O SUPORTE DO SISTEMA ANTIQUEDA ESTÁ ÍNTEGRO.
- [] LUBRIFICAR AS CORRENTES DE TRANSMISSÃO.
- [] VERIFICAR MANCAIS INFERIORES E SUPERIORES, SE ESTÃO LUBRIFICADOS E SE POSSUEM DANOS OU TRINCA.
- [] VERIFICAR SE O CORPO DOS SENSORES DE FIM DE CURSO ESTÃO DANIFICADOS OU PRECISANDO DE REPAROS

Responsável Manutenção

Medição Horímetro (horas) / Odômetro (km)

Data Encerramento

CONSISTEM: (CCMNP326)

APÊNDICE J – Plana de manutenção Elevadores - Inspeção Geral

RELATÓRIO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

(Usu: 421/MAICON) PAG.: 0001

DATA: 29/07/24

DATA REF.: 29/07/24

HORA: 10:14

Dados Gerais

Número da OS: 7874

Máquina: ELG-01 - ELEVADOR DE MOLDES LINHA G-01

Data Hora / Programada: 29/07/2024 16:00

Plano: 2 - INSPEÇÃO GERAL

Revisão por Uso a cada:

Controle de Uso por: Máquina

Revisão por Tempo Instalado a cada: 1

Tempo de Manutenção Previsto: 04:00

Operador Execução: 920 - MAICON BINSFELD

Registro de Horas Trabalhadas/Serviços

Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____
 Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____

Observação: _____

Procedimentos de Trabalho

- REALIZAR A DESMONTAGEM DO REDUTOR E VERIFICAR:
- SE O EIXO SEM FIM E A ENGENHAGEM POSSUEM DANOS OU DENTES GASTOS E DANIFICADOS
- SE OS RETENTORES ESTÃO RESSECADOS E RÍGIDOS
- VERIFICAR SE OS ROLAMENTOS NÃO ESTÃO GIRANDO LIVRES E SEM RUÍDOS
- VERIFICAR SE OS ANÉIS ELÁSTICOS POSSUEM DANOS EM SEU CORPO
- CASO SE CONFIRME ALGUM ÍTEM ACIMA, SUBSTITUA O MESMO
- REALIZE A TROCA DE ÓLEO COMPLETA DO REDUTOR
- REALIZAR REAPERTO DOS PARAFUSOS
- REALIZAR INSPEÇÃO COMPLETA DA ESTRUTURA

Responsável Manutenção

Medição Horímetro (horas) / Odômetro (km)

Data Encerramento

CONSISTEM: (CCMNP326)

APÊNDICE K – Plana de manutenção Elevadores - Inspeção Geral Painei

RELATÓRIO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

(Usu: 421/MAICON) PAG.: 0001

DATA: 29/07/24

DATA REF.: 29/07/24

HORA: 10:12

Dados Gerais

Número da OS: 7873

Máquina: ELG-01 - ELEVADOR DE MOLDES LINHA G-01

Data Hora / Programada: 29/07/2024 16:00

Plano: 3 - INSPEÇÃO GERAL PAINEL

Revisão por Uso a cada:

Controle de Uso por: Máquina

Revisão por Tempo Instalado a cada: 6

Tempo de Manutenção Previsto:

Operador Execução: 920 - MAICON BINSFELD

Registro de Horas Trabalhadas/Serviços

Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____
 Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____

Observação: _____

Procedimentos de Trabalho

- [] - VERIFICAR SE HÁ ALGUMA FUGA DE TENSÃO NA PARTE INTERNA OU EXTERNA DO PAINEL.
- [] - VERIFICAR SE HÁ ALGUM FIO OU CABO DESEMPAPADO OU COM PROTEÇÃO DANIFICADA.
- [] - VERIFICAR SE HÁ ALGUM SINAL DE CURTO CIRCUITO OU CHEIRO DE QUEIMADO.
- [] - VERIFICAR SE TODOS OS COMPONENTES (DISJUNTORES, COMUTADORES, CONTADORES, ETC.) ESTÃO OPERANDO CORRETAMENTE.
- [] - VERIFICAR SE OS CABOS E OS COMPONENTES ELÉTRICOS ESTÃO BEM FIXADOS NA ESTRUTURA DO PAINEL.
- [] - VERIFICAR SE AS LUZES DE SINALIZAÇÃO ESTÃO OPERANDO CORRETAMENTE.
- [] - VERIFICAR SE OS COMANDOS EXECUTADOS NO PAINEL ESTÃO SENDO EXECUTADOS. EX.: BOTAO EMERGENCIA.
- [] - VERIFICAR SE O PAINEL ESTÁ FIXADO CORRETAMENTE, SEM NENHUM DANO EXTERNO.
- [] - VERIFICAR SE O ISOLAMENTO DO PAINEL ESTÁ CORRETO.
- [] - VERIFICAR SE O PAINEL ESTÁ ADEQUADO PARA A ÁREA ONDE ESTÁ LOCALIZADO E OPERAÇÃO EXERCIDA.
- [] - VERIFICAR SE O ATERRAMENTO ESTÁ CORRETO.
- [] - REALIZAR UMA LIMPEZA EXTERNA E INTERNA NO PAINEL, RETIRANDO POEIRA OU QUALQUER OUTRO DETRITO EXTERNO AO PAINEL ELÉTRICO.
- [] - VERIFICAR SE HÁ FUGA DE ENERGIA PARA O PAINEL OU CURTO CIRCUITO.
- [] - REALIZAR UMA MEDIÇÃO TÉRMICA, SE HÁ ALGUM COMPONENTE COM SUPERAQUECIMENTO.
- [] - REALIZAR MEDIÇÃO DE CORRENTE E TENSÃO EM TODOS OS COMPONENTES ELÉTRICOS.

Responsável Manutenção

Medição Horímetro (horas) / Odômetro (km)

Data Encerramento

Requisitos de Segurança

IDENTIFICAR LOCAL EM MANUTENÇÃO
 ISOLAMENTO DA AREA DE MANUTENÇÃO
 UTILIZAR OCULOS DE SEGURANÇA
 DESLIGAMENTO DA ENERGIA
 DESLIGAMENTO DA MAQUINA

CONSISTEM: (CCMNP326)

APÊNDICE L – Plana de manutenção Elevadores - Análise de vibração motoredutores

RELATÓRIO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

(Usu: 421/MAICON) PAG.: 0001

DATA: 29/07/24

DATA REF.: 29/07/24

HORA: 10:11

Dados Gerais

Número da OS: 7872

Máquina: ELG-01 - ELEVADOR DE MOLDES LINHA G-01

Data Hora / Programada: 29/07/2024 16:00

Plano: 4 - ANÁLISE VIBRAÇÃO MOTOREDUTOR

Revisão por Uso a cada:

Controle de Uso por: Máquina

Revisão por Tempo Instalado a cada: 6

Tempo de Manutenção Previsto:

Operador Execução: 920 - MAICON BINSFELD

Registro de Horas Trabalhadas/Serviços

Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____
 Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____

Observação: _____

Procedimentos de Trabalho

[] CONTRATAR EMPRESA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR A ANÁLISE DE VIBRAÇÃO DO CONJUNTO MOTOREDUTOR

[] AVALIAR RESULTADO E TOMAR AÇÃO SE NECESSÁRIO

Responsável Manutenção

Medição Horímetro (horas) / Odômetro (km)

Data Encerramento

CONSISTEM: (CCMNP326)

APÊNDICE M – Plano de Manutenção Mesa de Desmoldagem - Inspeção caminho de rolamento

RELATÓRIO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

(Usu: 421/MAICON) PAG.: 0001

DATA: 29/07/24

DATA REF.: 29/07/24

HORA: 11:47

Dados Gerais

Número da OS: 7882

Máquina: MSG-01 - MESA DE DESMOLDAGEM LINHA G-01

Data Hora / Programada: 29/07/2024 16:00

Plano: 1 - INSPEÇÃO CAMINHO ROLAMENTO

Revisão por Uso a cada:

Controle de Uso por: Máquina

Revisão por Tempo Instalado a cada: 6

Tempo de Manutenção Previsto:

Operador Execução: 920 - MAICON BINSFELD

Registro de Horas Trabalhadas/Serviços

Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____
 Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____

Observação: _____

Procedimentos de Trabalho

- REALIZAR INSPEÇÃO DO CAMINHO DE ROLAMENTO
 REALIZAR INSPEÇÃO DAS RODAS DE CABECEIRA
 REALIZAR INSPEÇÃO DOS SENSORES FIM DE CURSO

Responsável Manutenção

Medição Horímetro (horas) / Odômetro (km)

Data Encerramento

CONSISTEM: (CCMNP326)

APÊNDICE N – Plano de Manutenção Mesa de Desmoldagem - Inspeção geral redutores

RELATÓRIO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

(Usu: 421/MAICON) PAG.: 0001

DATA: 29/07/24

DATA REF.: 29/07/24

HORA: 11:50

Dados Gerais

Número da OS: 7885

Máquina: MSG-01 - MESA DE DESMOLDAGEM LINHA G-01

Data Hora / Programada: 29/07/2024 16:00

Plano: 2 - INSP. GERAL REDUTORES

Revisão por Uso a cada:

Controle de Uso por: Máquina

Revisão por Tempo Instalado a cada: 1

Tempo de Manutenção Previsto: 02:00

Operador Execução: 920 - MAICON BINSFELD

Registro de Horas Trabalhadas/Serviços

Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____
 Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____

Observação: _____

Procedimentos de Trabalho

- [] - RETIRAR O REDUTOR DO REATOR E DO MOTOR, E ANALISAR PONTOS DE VAZAMENTO DE ÓLEO NOS RETENTORES.
- [] - REALIZAR A DESMONTAGEM DO MESMO.
- [] - VERIFICAR NO EIXO E NA COROA SE OS DENTES ESTÃO DANIFICADOS, OU COM DESGASTE EXCESSIVO.
- [] - ANALISAR OS ROLAMENTOS, SE ESTÃO GIRANDO LIVREMENTE SEM RUIDOS.
- [] - VERIFICAR SE OS RETENTORES POSSUEM SINAIS DE DESGASTE NA ÁREA DE CONTATO, SE ESTÃO BEM RÍGIDOS.
- [] - SE NECESSÁRIO, REALIZE A TROCA DOS RETENTORES E ROLAMENTOS.
- [] - REALIZAR UMA LIMPEZA INTERNA DO REDUTOR, SEGUIDO DA TROCA DE ÓLEO DO MESMO.

Responsável Manutenção

Medição Horímetro (horas) / Odômetro (km)

Data Encerramento

Requisitos de Segurança

UTILIZAR PROTETOR AURICULAR
 UTILIZAR CAPACETE DE SEGURANÇA
 UTILIZAR OCULOS DE SEGURANÇA
 UTILIZAR SAPATO DE SEGURANÇA
 COLOCAR PLACA EQUIPAMENTO EM MANUTENÇÃO
 DESLIGAMENTO DA ENERGIA
 AFASTAR PRODUTOS QUÍMICOS E INFLAMÁVEIS
 UTILIZR LUVAS DE SEGURANÇA
 IDENTIFICAR LOCAL EM MANUTENÇÃO
 COLOCAR CADEADO DE SEGURANÇA

CONSISTEM: (CCMNP326)

APÊNDICE O – Plano de Manutenção Mesa de Desmoldagem - Inspeção Bimestral

RELATÓRIO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

(Usu: 421/MAICON) PAG.: 0001

DATA: 29/07/24

DATA REF.: 29/07/24

HORA: 11:48

Dados Gerais

Número da OS: 7883

Máquina: MSG-01 - MESA DE DESMOLDAGEM LINHA G-01

Data Hora / Programada: 29/07/2024 16:00

Plano: 3 - INSPEÇÃO BIMESTRAL

Revisão por Uso a cada:

Controle de Uso por: Máquina

Revisão por Tempo Instalado a cada: 2

Tempo de Manutenção Previsto: 02:00

Operador Execução: 920 - MAICON BINSFELD

Registro de Horas Trabalhadas/Serviços

Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____
 Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____

Observação: _____

Procedimentos de Trabalho

- [] ----- INSPEÇÃO PREVENTIVA -----
- [] REALIZAR A LIMPEZA E LUBRIFICAR DAS GUIAS, PARA LUBRIFICAR APLICAR OLEO COM UM PINCEL
- [] REALIZAR A LIMPEZA E LUBRIFICAÇÃO DO FUSO
- [] REALIZAR LUBRIFICAÇÃO DOS MANCAIS
- [] VERIFICAR CONEXÕES PNEUMÉTICAS E CILINDROS
- [] VERIFICAR INTEGRIDADE DAS VENTOSAS
- [] VERIFICAR FUNCIONAMENTO DOS COMPONENTES ELETRICOS
- [] VERIFICAR FUNCIONAMENTO DOS SISTEMA EM MANUAL E AUTOMATICO
- [] VERIFICAR FUNCIONAMENTO DOS SISTEMA DE EMERGÊNCIA
- [] VERIFICAR INTEGRIDADE E FUNCIONAMENTO DAS GARRAS ANTIQUEDA
- [] VERIFICAR INTEGRIDADE DA ESTRUTURA
- [] VERIFICAR INTEGRIDADE E LUBRIFICAR MANCAIS DE DESLOCAMENTO
- [] VERIFICAR CAMINHO DE ROLAMENTO
- [] VERIFICAR ESTADO DAS RODAS DA CABECEIRA
- [] VERIFICAR SENSORES FIM DE CURSO
- [] VERIFICAR MOTORES E REDUTORES
- [] ----- TESTE DE QUEDA -----
- [] REALIZAR TESTE DE VERIFICAÇÃO NO SISTEMA ANTIQUEDA
- [] UTILIZAR UM MOLDE DE VIDRO PARA SIMULAR UMA SITUAÇÃO DE QUEDA.
- [] 1º PASSO: SUCCIONAR COM A VENTOSA O MOLDE, ACIONANDO AS FARRAS DE SEGURANÇA
- [] 2º PASSO: EM SEGUIDA FECHAR A ENTRADA DE AR E AGUARDAR 5 MINUTOS.
- [] - OBJETIVO: O MOLDE NÃO DEVERÁ CAIR, FICANDO PRESO E SEGURO, DURANTE 5 MINUTOS.

Responsável Manutenção

Medição Horímetro (horas) / Odômetro (km)

Data Encerramento

Requisitos de Segurança

CONSISTEM: (CCMNP326)

APÊNDICE P – Plano de Manutenção Mesa de Desmoldagem - Inspeção Geral Painel

RELATÓRIO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

(Usu: 421/MAICON) PAG.: 0001

DATA: 29/07/24

DATA REF.: 29/07/24

HORA: 11:49

Dados Gerais

Número da OS: 7884

Máquina: MSG-01 - MESA DE DESMOLDAGEM LINHA G-01

Data Hora / Programada: 29/07/2024 16:00

Plano: 4 - INSPEÇÃO GERAL PAINEL

Revisão por Uso a cada: _____ Controle de Uso por: Máquina

Revisão por Tempo Instalado a cada: 6

Tempo de Manutenção Previsto:

Operador Execução: 920 - MAICON BINSFELD

Registro de Horas Trabalhadas/Serviços

Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____
 Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____

Observação: _____

Procedimentos de Trabalho

- [] - VERIFICAR SE HÁ ALGUMA FUGA DE TENSÃO NA PARTE INTERNA OU EXTERNA DO PAINEL.
- [] - VERIFICAR SE HÁ ALGUM FIO OU CABO DESEMPAPADO OU COM PROTEÇÃO DANIFICADA.
- [] - VERIFICAR SE HÁ ALGUM SINAL DE CURTO CIRCUITO OU CHEIRO DE QUEIMADO.
- [] - VERIFICAR SE TODOS OS COMPONENTES (DISJUNTORES, COMUTADORES, CONTADORES,ETC.) ESTÃO OPERANDO [] CORRETAMENTE.
- [] - VERIFICAR SE OS CABOS E OS COMPONENTES ELÉTRICOS ESTÃO BEM FIXADOS NA ESTRUTURA DO PAINEL.
- [] - VERIFICAR SE AS LUZES DE SINALIZAÇÃO ESTÃO OPERANDO CORRETAMENTE.
- [] - VERIFICAR SE OS COMANDOS EXECUTADOS NO PAINEL ESTÃO SENDO EXECUTADOS. EX.: BOTAO EMERGENCIA.
- [] - VERIFICAR SE O PAINEL ESTÁ FIXADO CORRETAMENTE, SEM NENHUM DANO EXTERNO.
- [] - VERIFICAR SE O ISOLAMENTO DO PAINEL ESTÁ CORRETO.
- [] - VERIFICAR SE O PAINEL ESTÁ ADEQUADO PARA A ÁREA ONDE ESTÁ LOCALIZADO E OPERAÇÃO EXERCIDA.
- [] - VERIFICAR SE O ATERRAMENTO ESTÁ CORRETO.
- [] - REALIZAR UMA LIMPEZA EXTERNA E INTERNA NO PAINEL, RETIRANDO POEIRA OU QUALQUER OUTRO
- [] DETRITO EXTERNO AO PAINEL ELÉTRICO.

Responsável Manutenção

Medição Horímetro (horas) / Odômetro (km)

Data Encerramento

Requisitos de Segurança

IDENTIFICAR LOCAL EM MANUTENÇÃO
 ISOLAMENTO DA AREA DE MANUTENÇÃO
 UTILIZAR OCULOS DE SEGURANÇA
 DESLIGAMENTO DA ENERGIA
 DESLIGAMENTO DA MAQUINA

CONSISTEM: (CCMNP326)

APÊNDICE Q – Plano de Manutenção Mesa de Moldagem - Inspeção Bimestral

RELATÓRIO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

(Usu: 421/MAICON) PAG.: 0001

DATA: 29/07/24

DATA REF.: 29/07/24

HORA: 12:27

Dados Gerais

Número da OS: 7886

Máquina: MSG-02 - MESA DE MOLDAGEM LINHA G-01

Data Hora / Programada: 29/07/2024 16:00

Plano: 1 - INSPEÇÃO BIMESTRAL

Revisão por Uso a cada:

Controle de Uso por: Máquina

Revisão por Tempo Instalado a cada: 1

Tempo de Manutenção Previsto: 02:00

Operador Execução: 920 - MAICON BINSFELD

Registro de Horas Trabalhadas/Serviços

Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____
 Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____

Observação: _____

Procedimentos de Trabalho

- [] ----- INSPEÇÃO PREVENTIVA -----
- [] REALIZAR A LIMPEZA E LUBRIFICAR DAS GUIAS, PARA LUBRIFICAR APLICAR OLEO COM UM PINCEL
- [] REALIZAR A LIMPEZA E LUBRIFICAÇÃO DO FUSO, UTILIZAR GRAXA A BASE DE LÍTIO
- [] REALIZAR LUBRIFICAÇÃO DOS MANCAIS
- [] VERIFICAR CONEXÕES PNEUMÉTICAS E CILINDROS
- [] VERIFICAR INTEGRIDADE DAS VENTOSAS
- [] VERIFICAR FUNCIONAMENTO DOS COMPONENTES ELÉTRICOS
- [] VERIFICAR FUNCIONAMENTO DOS SISTEMA EM MANUAL E AUTOMÁTICO
- [] VERIFICAR FUNCIONAMENTO DOS SISTEMA DE EMERGÊNCIA
- [] VERIFICAR INTEGRIDADE DA ESTRUTURA
- [] ----- TESTE DE QUEDA -----
- [] REALIZAR TESTE DE VERIFICAÇÃO NO SISTEMA ANTIQUEDA
- [] UTILIZAR UM MOLDE DE VIDRO PARA SIMULAR UMA SITUAÇÃO DE QUEDA.
- [] 1º PASSO: SUCCIONAR COM A VENTOSA UMA CHAPA DE ACRÍLICO
- [] 2º PASSO: ALIMENTAÇÃO DE AR NA VALVULA GERADORA DE VACUO, AGUARDAR 5 MINUTOS.
- [] - OBJETIVO: O MOLDE NÃO DEVERÁ CAIR, FICANDO PRESO E SEGURO, DURANTE 5 MINUTOS.

Responsável Manutenção

Medição Horímetro (horas) / Odômetro (km)

Data Encerramento

Requisitos de Segurança

UTILIZAR PROTETOR AURICULAR
 UTILIZAR CAPACETE DE SEGURANÇA
 UTILIZAR OCULOS DE SEGURANÇA
 UTILIZAR SAPATO DE SEGURANÇA
 COLOCAR PLACA EQUIPAMENTO EM MANUTENÇÃO
 DESLIGAMENTO DA ENERGIA

CONSISTEM: (CCMNP326)

APÊNDICE R – Plano de Manutenção Mesa de Moldagem - Inspeção Geral Painei

RELATÓRIO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

(Usu: 421/MAICON) PAG.: 0001

DATA: 29/07/24

DATA REF.: 29/07/24

HORA: 12:29

Dados Gerais

Número da OS: 7887

Máquina: MSG-02 - MESA DE MOLDAGEM LINHA G-01

Data Hora / Programada: 29/07/2024 16:00

Plano: 2 - INSPEÇÃO GERAL PAINEL

Revisão por Uso a cada:

Controle de Uso por: Máquina

Revisão por Tempo Instalado a cada: 6

Tempo de Manutenção Previsto:

Operador Execução: 920 - MAICON BINSFELD

Registro de Horas Trabalhadas/Serviços

Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____
 Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____

Observação: _____

Procedimentos de Trabalho

- [] - VERIFICAR SE HÁ ALGUMA FUGA DE TENSÃO NA PARTE INTERNA OU EXTERNA DO PAINEL.
- [] - VERIFICAR SE HÁ ALGUM FIO OU CABO DESEMPAPADO OU COM PROTEÇÃO DANIFICADA.
- [] - VERIFICAR SE HÁ ALGUM SINAL DE CURTO CIRCUITO OU CHEIRO DE QUEIMADO.
- [] - VERIFICAR SE TODOS OS COMPONENTES (DISJUNTORES, COMUTADORES, CONTADORES,ETC.) ESTÃO OPERANDO [] CORRETAMENTE.
- [] - VERIFICAR SE OS CABOS E OS COMPONENTES ELÉTRICOS ESTÃO BEM FIXADOS NA ESTRUTURA DO PAINEL.
- [] - VERIFICAR SE AS LUZES DE SINALIZAÇÃO ESTÃO OPERANDO CORRETAMENTE.
- [] - VERIFICAR SE OS COMANDOS EXECUTADOS NO PAINEL ESTÃO SENDO EXECUTADOS. EX.: BOTAO EMERGENCIA.
- [] - VERIFICAR SE O PAINEL ESTÁ FIXADO CORRETAMENTE, SEM NENHUM DANO EXTERNO.
- [] - VERIFICAR SE O ISOLAMENTO DO PAINEL ESTÁ CORRETO.
- [] - VERIFICAR SE O PAINEL ESTÁ ADEQUADO PARA A ÁREA ONDE ESTÁ LOCALIZADO E OPERAÇÃO EXERCIDA.
- [] - VERIFICAR SE O ATERRAMENTO ESTÁ CORRETO.
- [] - REALIZAR UMA LIMPEZA EXTERNA E INTERNA NO PAINEL, RETIRANDO POEIRA OU QUALQUER OUTRO
- [] DETRITO EXTERNO AO PAINEL ELÉTRICO.

Responsável Manutenção

Medição Horímetro (horas) / Odômetro (km)

Data Encerramento

Requisitos de Segurança

IDENTIFICAR LOCAL EM MANUTENÇÃO
 ISOLAMENTO DA AREA DE MANUTENÇÃO
 UTILIZAR OCULOS DE SEGURANÇA
 DESLIGAMENTO DA ENERGIA
 DESLIGAMENTO DA MAQUINA

CONSISTEM: (CCMNP326)

APÊNDICE S – Plano de Manutenção Mesa de Envase - Inspeção Trimestral

RELATÓRIO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

(Usu: 421/MAICON) PAG.: 0001

DATA: 29/07/24

DATA REF.: 29/07/24

HORA: 11:14

Dados Gerais

Número da OS: 7880

Máquina: MSG-04 - MESA DE ENVASE LINHA G-01

Data Hora / Programada: 29/07/2024 16:00

Plano: 1 - INSPEÇÃO TRIMESTRAL

Revisão por Uso a cada:

Controle de Uso por: Máquina

Revisão por Tempo Instalado a cada: 3

Tempo de Manutenção Previsto: 00:20

Operador Execução: 920 - MAICON BINSFELD

Registro de Horas Trabalhadas/Serviços

Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____
 Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____

Observação: _____

Procedimentos de Trabalho

- 1º FILTRO REGULADOR:
- VERIFICAR SE HÁ NECESSIDADE DE TROCA DO FILTRO
- REALIZAR A LIMPEZA DOS COMPONENTES (REFIL, FILTRO)
- VERIFICAR SE A REGULAGEM DO FILTRO ESTÁ CORRETA
- 2º MANCAIS E ROLAMENTOS
- REALIZAR A LUBRIFICAÇÃO DOS MANCAIS E ROLAMENTOS COM GRAXA CORRETA
- 3º GERAL
- VERIFICAR O ESTADO DAS RODAS DE BORRACHA
- VERIFICAR APERTO DOS PARAFUSOS
- VERIFICAR O FUNCIONAMENTO DAS VALVULAS
- VERIFICAR ALINAMENTO DAS RODAS
- VERIFICAR ESTRUTURA DOS BRAÇOS ARTICULADOS

Responsável Manutenção

Medição Horímetro (horas) / Odômetro (km)

Data Encerramento

CONSISTEM: (CCMNP326)

APÊNDICE T – Plano de Manutenção Mesa de Envase - Calibração da Balança

RELATÓRIO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

(Usu: 421/MAICON) PAG.: 0001

DATA: 29/07/24

DATA REF.: 29/07/24

HORA: 11:13

Dados Gerais

Número da OS: 7879

Máquina: MSG-04 - MESA DE ENVASE LINHA G-01

Data Hora / Programada: 29/07/2024 16:00

Plano: 2 - BAL-PRE01 (BALANÇA DIGITAL)

Revisão por Uso a cada:

Controle de Uso por: Máquina

Revisão por Tempo Instalado a cada: 4

Tempo de Manutenção Previsto:

Operador Execução: 920 - MAICON BINSFELD

Registro de Horas Trabalhadas/Serviços

Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____

Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____

Observação: _____

Procedimentos de Trabalho

- [] 1º CALIBRAÇÃO DA BALANÇA DIGITAL DA MESA DE PREENCHIMENTO LINHA G:
- [] - REALIZAR A CALIBRAÇÃO DA BALANÇA
- [] - REALIZAR TESTES DE OPERAÇÃO COM AS CÉLULAS DE CARGA.
- [] - CONTRATAR EMPRESA AUTORIZADA, GERANDO LAUDO TÉCNICO AUTORIZADO PELO RESPONSÁVEL CONTRATADO,
- [] COTENDO INFORMAÇÕES DO PROCEDIMENTO REALIZADO, COM DATA PREVISTA PARA A PRÓXIMA CALIBRAÇÃO.

Responsável Manutenção

Medição Horímetro (horas) / Odômetro (km)

Data Encerramento

CONSISTEM: (CCMNP326)

APÊNDICE U – Plano de Manutenção Mesa de Extração de Ar - Inspeção Trimestral

RELATÓRIO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

(Usu: 421/MAICON) PAG.: 0001

DATA: 29/07/24

DATA REF.: 29/07/24

HORA: 10:39

Dados Gerais

Número da OS: 7877

Máquina: MSG-05 - MESA DE EXTRACAO DE AR LINHA G-01

Data Hora / Programada: 29/07/2024 16:00

Plano: 1 - INSPEÇÃO TRIMESTRAL

Revisão por Uso a cada:

Controle de Uso por: Máquina

Revisão por Tempo Instalado a cada: 3

Tempo de Manutenção Previsto: 00:20

Operador Execução: 920 - MAICON BINSFELD

Registro de Horas Trabalhadas/Serviços

Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____
 Data Início: ___/___/___ Hora Início: ___:___ Data Fim: ___/___/___ Hora Fim: ___:___ Intervalo: _____

Observação: _____

 _____**Procedimentos de Trabalho**

- [] 1º FILTRO REGULADOR:
- [] - VERIFICAR SE HÁ NECESSIDADE DE TROCA DO FILTRO
- [] - REALIZAR A LIMPEZA DOS COMPONENTES (REFIL, FILTRO)
- [] - VERIFICAR SE A REGULAGEM DO FILTRO ESTÁ CORRETA
- [] 2º MANCAIS E ROLAMENTOS
- [] - REALIZAR A LUBRIFICAÇÃO DOS MANCAIS E ROLAMENTOS COM GRAXA CORRETA
- [] - VERIFICAR SE HÁ NECESSIDADE DE TROCA DE ROLAMENTO
- [] 3º GERAL
- [] - VERIFICAR O ESTADO DAS RODAS DE BORRACHA
- [] - VERIFICAR APERTO DOS PARAFUSOS
- [] - VERIFICAR O FUNCIONAMENTO DAS VALVULAS
- [] - VERIFICAR ALINAMENTO DAS RODAS
- [] -VERIFICAR ESTRUTURA DOS BRAÇOS ARTICULADOS

Responsável Manutenção

Medição Horímetro (horas) / Odômetro (km)

Data Encerramento

CONSISTEM: (CCMNP326)

APÊNDICE V – Autorização para pesquisa




Solicitação de Autorização para Pesquisa

Jaraguá do Sul, 14 maio de 2024

Eu, Maicon Binsfeld, responsável principal pelo projeto de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) denominado preliminarmente de ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVO NA LINHA DE PRODUÇÃO DE CHAPA DE ACRÍLICO CAST, do Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica do IFSC – Câmpus Jaraguá do Sul - RAU, venho pelo presente, solicitar autorização da [REDACTED] para a realização da coleta de dados em sua empresa no período de Janeiro/2024 a Julho/2024, com o objetivo de avaliar o equipamentos da linha e propor a implantação das manutenções preventivas aplicáveis, afim de evitar falhas nos equipamentos. Esta pesquisa está sendo orientada pela Prof. Edson Teixeira, pesquisador do IFSC.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, solicito autorização para a realizar a coleta de dados que consistirá de análise do ambiente, entrevistas individuais com funcionários e imagens através de fotos e vídeos. Saliento que as coletas serão tratadas de forma anônima e confidencial, isto é, em nenhum momento será divulgado o nome de um funcionário e da empresa, em qualquer fase do estudo. As imagens serão divulgadas somente nesta pesquisa e os resultados divulgados em eventos e/ou revistas científicas, tomando o cuidado de não identificar pessoa, marca ou produto da empresa.

Contando com a autorização desta instituição, agradecemos e coloco-me à disposição para qualquer esclarecimento.



Maicon Binsfeld - Pesquisador Principal
binsfeldmaicon@gmail.com
(47)997936272

Autorizo:



[REDACTED]