

ANÁLISE DOS EFEITOS DA IMPLANTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVO NA DISPONIBILIDADE DE UMA MÁQUINA DE APLAINAMENTO DE MADEIRA

LOPES, Flávio Lustosa¹

VASCONCELOS, Jéssica Hipólito²

RESUMO: A competitividade no setor de beneficiamento de madeira torna a produtividade essencial. A manutenção adequada dos equipamentos é crucial para minimizar falhas e garantir a disponibilidade, impactando diretamente nos custos e na qualidade dos produtos. A pesquisa propõe um plano de manutenção preventiva para uma máquina de aplainamento, visando otimizar sua disponibilidade. A eficácia é analisada por meio de KPIs, como MTBF e MTTR, antes e depois da execução do plano. Após a implementação, a disponibilidade da máquina aumentou, mantendo-se acima de 95% nos meses subsequentes, demonstrando a eficácia do plano e a necessidade de ações similares em outras áreas.

Palavras-chave: Plano de manutenção. Disponibilidade. Indicadores de manutenção.

ABSTRACT: Competitiveness in the wood processing sector makes productivity essential. Proper maintenance of equipment is crucial to minimize failures and ensure availability, impacting costs and product quality. This research proposes a preventive maintenance plan for a planing machine to optimize its availability. The effectiveness is analyzed using KPIs, such as MTBF (Mean Time Between Failures) and MTTR (Mean Time To Repair), before and after executing the plan. After implementation, the machine's availability increased, remaining above 95% in subsequent months, demonstrating the effectiveness of the plan and the need for similar actions in other maintenance areas.

KEYWORDS: Maintenance plan. Availability. Maintenance indicators.

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário nacional e mundial, a competitividade entre as empresas do ramo de beneficiamento de madeira traz disputas acirradas pelo mercado, fazendo com que a produtividade seja essencial para obter maior lucratividade (GARCIA; NUNES, 2014). Neste âmbito a disponibilidade do equipamento para produção é papel fundamental para o cumprimento de metas da empresa, sendo necessário minimizar o tempo de falhas inesperadas do equipamento para manutenções corretivas (GARCIA; NUNES, 2014).

¹ Graduando de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Campo Real. engm-flaviolopes@camporeal.edu.br

² Graduada em Engenharia Mecânica. Mestrado em Engenharia Mecânica. Professora e Coordenadora no Centro Universitário do Campo Real. prof_jessicavasconcelos@camporeal.edu.br

A disponibilidade dos equipamentos é definida pela ABNT NBR 5462/94 como a capacidade de um equipamento executar sua função em um intervalo de tempo determinado, levando em consideração seus aspectos de confiabilidade e manutenibilidade (ABNT, 1994). Já manutenibilidade se trata da capacidade de um equipamento ser mantido em condições de executar sua função quando a manutenção é executada diante de processos e meios prescritos, para diminuir custos de manutenção de quebras de equipamentos e aumentar a vida útil destes (ABNT, 1994).

A manutenção de um equipamento é um processo essencial dentro das indústrias por influenciar diretamente nos custos, na produção e qualidade da entrega dos produtos (VIEIRA *et al.*, 2022, HAGSTROM *et.al.*, 2020). Levando isto em consideração é possível verificar a relevância da manutenção correta nos equipamentos para manter a disponibilidade, a equipe de manutenção deve sempre buscar formas eficazes de prevenção das falhas inesperadas para que a empresa se diferencie das demais entregando melhor qualidade e melhores prazos (GARCIA; NUNES, 2014).

Chaves (2019) afirma em seu estudo que para melhorar a disponibilidade dos equipamentos, cada vez mais as empresas vêm implementando planos de manutenção preventivos em suas rotinas de manutenção. Segundo a ABNT NBR 5462/94 a manutenção preventiva é aquela que é efetuada em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios preestabelecidos destinado a reduzir a probabilidade de falha de um equipamento.

Para análise da eficácia da manutenção são utilizados os *Key Performance Indicators* (KPIs), que são compostos por: o *Mean Time Between Failures* (MTBF) que significa tempo médio entre falhas, o *Mean Time To Repair* (MTTR) que se refere ao tempo médio para reparo e a disponibilidade do equipamento que é calculada através desses dois índices citados (BALDISSARELLI; FABRO, 2019).

Tendo em vista a importância da manutenção preventiva na disponibilidade de equipamentos e consequentemente na produção geral da empresa esta pesquisa tem como objetivo propor um plano de manutenção preventiva para a máquina de aplainamento de uma empresa madeireira.

Para o estudo foram definidos os objetivos de elaborar e executar o plano de manutenção e calcular a disponibilidade do equipamento nos meses anteriores e posteriores à execução, a fim de verificar se houve melhoria na disponibilidade da máquina de aplainamento da empresa analisada.

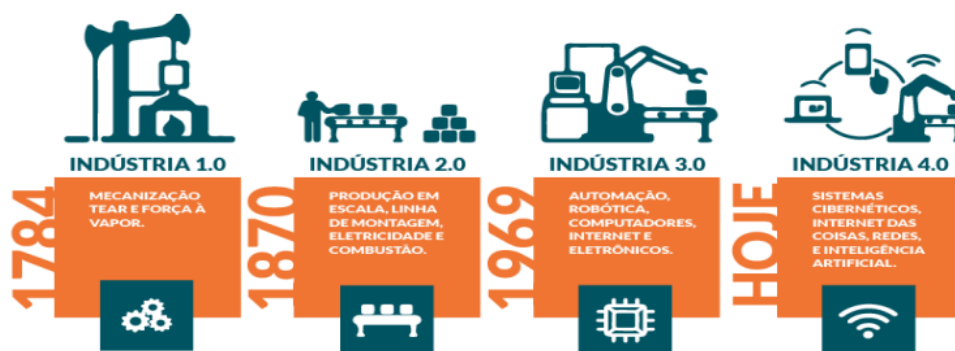
2 METODOLOGIA

Esta pesquisa tem cunho quantitativo e pretende por meio de uma análise comparativa analisar se cumprimento de um plano de manutenção otimiza a disponibilidade de uma máquina de aplainamento.

2.1 TIPOS DE MANUTENÇÃO

A necessidade de manutenção surgiu com o processo da revolução industrial iniciado no século XVIII, evoluindo de acordo com alguns marcos, denominados fases representadas na Figura 1 (MACHADO *et al.*, 2020).

Figura 1 - Fases da revolução industrial



Fonte: Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação (2023).

A primeira fase ocorreu no período que precedeu a Segunda Guerra Mundial, marcada pela baixa mecanização e simplicidade dos equipamentos como máquinas de tear e motores a vapor. As ações de manutenção se limitavam à limpeza, lubrificação, além de reparos em situações de quebras dos equipamentos (MACHADO *et al.*, 2020).

Durante esse período a manutenção era conhecida como reativa, hoje em dia chamada de corretiva, se caracteriza pela manutenção após a ocorrência de avaria e seu objetivo é restabelecer o funcionamento do equipamento (CARREIRA *et al.*, 2010). Pode-se dividir esse tipo de manutenção em dois: corretiva não planejada que

ocorre de forma inesperada e geralmente gera altos custos e perdas de produção. E em manutenção corretiva planejada, quando é executada após um acompanhamento do defeito ou decisão da equipe estratégica de operar até o evento de falha, este tipo de abordagem permite mais segurança, agilidade e menor custo (CARREIRA *et al.*, 2010, MACHADO *et al.*, 2020).

A segunda fase da manutenção iniciou-se na década de 50, onde os resultados dos conflitos geraram grande aumento na demanda de produtos industrializados, gerando aumento significativo na mecanização e complexidade dos equipamentos, como as linhas de produção contínuas. Nesse período também surge o entendimento que falhas poderiam ser evitadas iniciando assim o conceito de manutenção preventiva e planejamento de manutenção (CARREIRA *et al.*, 2010, MACHADO *et al.*, 2020, GRESSLER, 2020).

A manutenção preventiva é baseada em intervenções regulares em equipamentos com sua periodicidade fixa podendo ser semanal, mensal anual, etc., e tem como objetivo prolongar a vida útil dos equipamentos e evitar paradas inesperadas no processo produtivo (CARREIRA *et al.*, ABNT, 1994).

A terceira fase da manutenção teve seu início marcado na década de 70 onde as paradas para manutenção eram significativas para a qualidade e custos dos produtos. Com a crescente preocupação com os padrões de exigência, meio ambiente e segurança, foram adotadas filosofias globais de administração conhecidas como *Total Productive Maintenance* (TPM) e *Just in time* (MACHADO *et al.*, GRESSLER, 2020).

Nesse contexto, foi introduzido o conceito de manutenção preditiva, o qual envolve procedimentos que tem por objetivo evitar ou minimizar as manutenções corretivas, além de evitar os custos antecipados por manutenções preventivas, visando garantir a qualidade dos serviços executados através de técnicas de análise dos equipamentos. Esta manutenção permite um panorama antecipado das condições permitindo o planejamento de recursos (MACHADO *et al.*, ABNT, 1994).

A quarta fase é a mais recente, tem seu início na década de 90 e persiste até os dias atuais, marcada por manter as técnicas preditivas e inspeções como influências da fase anterior, nesta a confiabilidade se torna o principal objetivo da manutenção sendo a disponibilidade seu indicador-chave. Ocorre a consolidação da

engenharia de manutenção com as análises de falhas sendo amplamente reconhecida para melhora dos equipamentos (MACHADO *et al.*, GRESSLER, 2020).

Na fase 4 surge também o conceito de manutenção prescritiva a qual pode ser entendida como uma combinação de todos os outros tipos de manutenção (corretiva, preventiva, preditiva), onde todas as particularidades dos equipamentos são analisadas e então é traçado a melhor estratégia de manutenção (MUNIZ FILHO, 2019).

A manutenção prescritiva utiliza informações coletadas em tempo real e algoritmos para detectar e prever falhas com objetivos de realizar intervenções apenas quando necessário (MUNIZ FILHO, 2019, BEGAS *et al.*, 2024).

2.2 CONFIABILIDADE

A necessidade de aumento da produção infringe diretamente a necessidade de redução da probabilidade da falha, a disseminação sobre análise de falhas e a busca pela diminuição da sua ocorrência ressalta a importância da confiabilidade nas indústrias. Segundo a ABNT (1994), a confiabilidade está relacionada à probabilidade de um item desempenhar sua função por um período de tempo predefinido e com condições predeterminadas.

Para o cálculo da confiabilidade é necessário calcular antes a taxa de falhas λ através da equação (1). Com a taxa de falhas em mãos deve ser então calculada a confiabilidade utilizando a equação (2), onde $R(T)$ é a função de confiabilidade, t é o tempo em que se quer medir, e e o número de euler (FOGLIATO, 2009).

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (1)$$

$$R(T) = e^{-\lambda \cdot t} \quad (2)$$

É importante se atentar com o conceito de item pois a confiabilidade pode ser calculada para um sistema onde existem diversos componentes ou pode ser calculada apenas para um componente específico. O conceito de tempo de falha que é muito utilizado quando se trata de confiabilidade pode ser definido como o tempo do momento em que o item é colocado em operação normal até sua primeira falha (FOGLIATO, 2009).

2.3 DISPONIBILIDADE

Segundo a ABNT (1994) a disponibilidade se trata da capacidade de um equipamento executar sua função em um intervalo de tempo determinado. Por esse motivo a manutenção deve ser enquadrada como processo fundamental dentro de organizações, seus resultados devem ser medidos assim gerando indicadores para a melhor tomada de decisões visando sempre o melhor retorno financeiro (VAZ, 2023).

A eficiência da manutenção é medida através da disponibilidade dos equipamentos, sendo um de seus principais KPIs. Os KPI analisados neste trabalho são MTBF, MTTR para posterior cálculo da disponibilidade. O MTBF indica o tempo médio entre falhas e foi calculado através da equação (3), para esse indicador deve se buscar ser o maior possível (TORRES; VILAR, 2022).

$$MTBF = \frac{\text{Somatório de horas em bom funcionamento}}{\text{Número de falhas}} \quad (3)$$

Já para o cálculo do MTTR é utilizado a equação (4), é o indicador de tempo médio para reparo, não é fixado um valor para os equipamentos, mas sempre se deve se buscar ser o menor possível. (TORRES; VILAR, 2022).

$$MTTR = \frac{\text{Somatório de horas paradas para reparo}}{\text{Número de falhas}} \quad (4)$$

Enfim a disponibilidade pode ser calculada matematicamente pela equação (5), relacionando os KPI de MTTR e MTBF (TORRES; VILAR, 2022).

$$\text{Disponibilidade}(\%) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (5)$$

2.4 METODOLOGIA APLICADA

Em uma indústria de transformação e beneficiamento de madeira para molduras, guarnições, painéis, componentes para portas, janelas, entre outros materiais de construção civil localizada no interior do Paraná, foi identificado a necessidade de melhora na disponibilidade da máquina de aplainamento da madeira, através dos (KPIs) de manutenção da fábrica.

Esta indústria não realiza planos de manutenção para esta máquina, o que afeta diretamente o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), que é o índice que

analisa o desempenho global da máquina e consequentemente das entregas da empresa. A fim de otimizar o tempo disponível de funcionamento do equipamento, foi elaborado um plano de manutenção com base em recomendações do fabricante do equipamento.

Neste plano já descrito em uma planilha no *software* Microsoft Excel®, estão os seguintes tópicos: descrição da tarefa a ser executada, identificação dos equipamentos e componentes (TAG), tempo para execução da atividade, mão de obra necessária.

2.5 MÁQUINA DE APLAINAMENTO

A máquina de aplainamento é um equipamento fundamental dentro de indústrias de fabricação de produtos de madeira de alto padrão para a construção civil, este equipamento tem como sua função garantir que a superfície da madeira esteja completamente lisa para seguir o processo de usinagem e acabamento final.

A máquina pode ser dividida em partes onde em um primeiro momento temos o recebimento de madeira, seguido por um processo de classificação, leitura de umidade, processo de aplainar propriamente realizado por ferramentas em alta rotação, posteriormente mais um processo de classificação para garantia de qualidade e o empacotamento do produto finalizado.

2.6 ANÁLISE DE DADOS

Para este estudo foi realizada uma tabela de comparação dos percentuais de disponibilidade do equipamento nos dois meses anteriores à execução, no mês de execução e nos dois meses posteriores à execução. Estes percentuais são calculados através dos KPI's de manutenção, sendo eles MTBF e MTTR (FOGLIATO, 2009).

A disponibilidade do equipamento foi calculada com dados retirados do arquivo da empresa contidos no *software* Microsoft Power BI®, com os números de MTBF e MTTR referentes aos períodos analisados, utilizando a equação (5) para cálculo da disponibilidade (FOGLIATO, 2009).

3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O plano foi apresentado aos gestores de manutenção e após aprovação, posto em prática pela equipe de manutenção da empresa durante parada programada de 5

dias da máquina de aplainamento para realização de atividades corretivas e instalação de novas ferramentas.

3.1 PLANO DE MANUTENÇÃO

O presente plano de manutenção foi elaborado com base em recomendações do manual do equipamento e verificação da necessidade pelo responsável de manutenção mecânica do setor de aplainamento. Inicialmente foram definidas as atividades que necessitam ser realizadas semanalmente, mensalmente, trimestralmente, semestralmente e anualmente, como apresentado no Anexo 1, a fim de prevenir paradas corretivas não programadas.

Nas atividades citadas destaca-se a inspeção na rede de ar comprimido, que anteriormente a execução do plano apresentava uma grande quantidade de peças para retrabalho, devido aos vazamentos de ar nas mangueiras e conexões. Estes vazamentos faziam com que a pressão dos rolos calcadores não fosse suficiente para exercer a força necessária na madeira, além de causar e acelerar o desgaste estrutural do equipamento.

Foram incluídas estas inspeções de modo mensal, para trocas de componentes danificados sempre que identificado a necessidade, reduzindo assim as taxas de retrabalho de peças e também o desperdício de ar comprimido para a empresa. Durante a execução do plano foram identificados diversos pontos de vazamentos, sendo realizadas as substituições necessárias, conforme mostra a Figura 2.

Figura 2 - Mangueiras pneumáticas após troca



Fonte: o Autor (2024).

Ademais foram inseridas trocas das correias de acionamento dos rolos de transporte, como ilustrado na Figura 3. Outra atividade que se destaca no aumento da disponibilidade do equipamento, já que quando não realizado ou realizado com frequência inadequada ocorre o rompimento destes componentes, havendo necessidade de parada de máquina para substituição.

Figura 3 - Correias de acionamento dos rolos de transporte



Fonte: o Autor (2024).

Outro ponto de suma importância é o reaperto de parafusos de fixação dos cardans de acionamento, que devido a grande vibração da máquina acabavam se soltando e com isso desgastando a cruzeta, necessitando de troca do componente, o que diminui o tempo de produção geral.

Segundo Oliveira (2021), a limpeza de resíduos, reaperto de fixações e lubrificação de componentes, são as principais atividades com o objetivo de se evitar a deterioração precoce de componentes. Se caracterizam por serem de fácil resolução e baixo custo, sendo consideradas como a base da manutenção, pois sua ausência pode gerar instabilidade e aumento de risco de quebra de componentes, sendo necessária a paralisação do equipamento de forma não planejada para reparo e consequente redução dos indicadores de disponibilidade.

Para este plano, além das recomendações do manual de limpeza, reapertos e lubrificações foram identificadas necessidades extras de limpeza nos fusos de ajustes de altura e largura da madeira, ilustrado na Figura 4. Devido ao grande acúmulo de sujeira proveniente do processo produtivo que sobrecarregava o sistema de

acionamento, danificando assim sua bucha e rosca, acarretando em grandes tempos de parada de máquina para realização de trocas de componentes.

Figura 4 - Fuso de ajuste de altura



Fonte: o Autor (2024).

3.2 EXECUÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO

O plano de manutenção foi executado na empresa após validação da equipe de gestão, durante a parada programada do equipamento que ocorreu no início do mês de junho, teve como executantes a equipe de manutenção mecânica da empresa com acompanhamento do Engenheiro de Manutenção responsável e Técnico de Planejamento e Controle de Manutenção além da equipe de gestão da manutenção.

A parada da máquina de aplainamento foi programada a princípio para a instalação de um novo componente na linha de produção, durante a execução da instalação deste novo componente a equipe colocou o plano preventivo em ação usufruindo deste período de inatividade da máquina a fim de otimizar o tempo para inclusão dessas atividades. A execução do plano de manutenção durou 18 horas, divididas em dois dias consecutivos, contando com a colaboração de três mecânicos e o auxílio do Técnico de Planejamento e Controle de Manutenção, para a realização de 177 atividades.

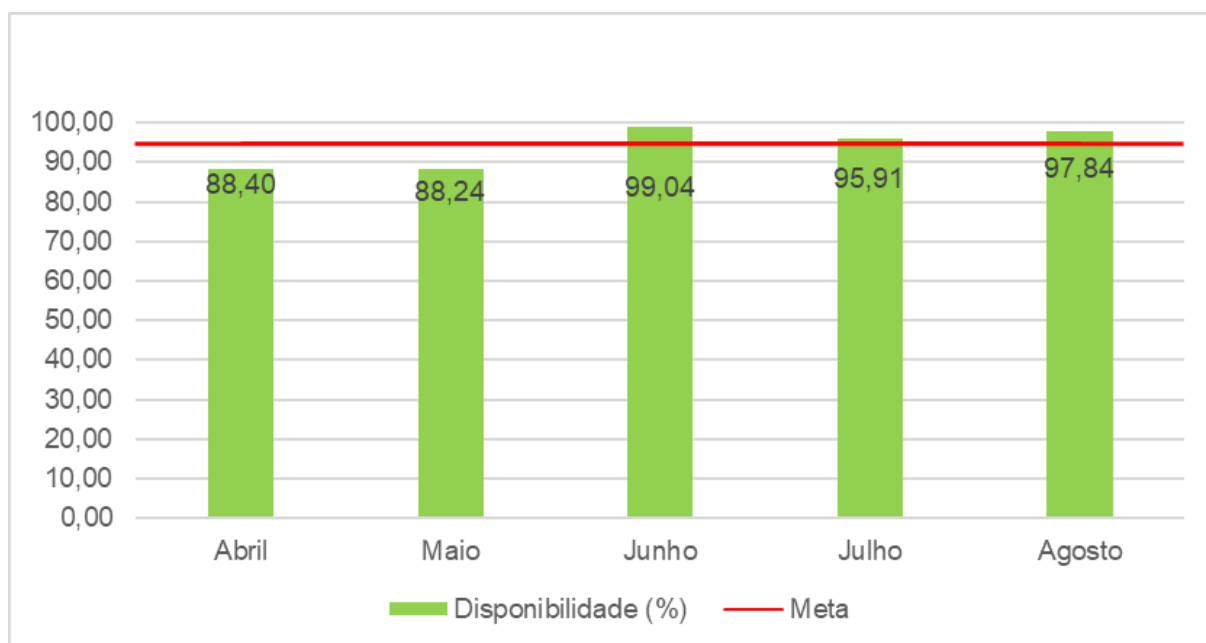
3.3 RESULTADOS OBTIDOS

Para análise da disponibilidade foram utilizados dados dos dois meses anteriores à execução do plano (Abril e Maio) do mês em que foi realizado (Junho) e

dos dois meses posteriores à execução (Julho e Agosto). Para este cálculo foram manuseados os indicadores MTBF e MTTR de cada período citado.

Em Abril de 2024, a disponibilidade da máquina de aplainamento se apresentava em 88,40%, isto é, estava indisponível para a produção 11,60% do tempo em que deveria, não atingido a meta de disponibilidade desejada, fixada em 95%. No mês seguinte (Maio) esse índice se manteve estável em 88,24%, ainda abaixo da meta, o que acarretava em atraso na entrega de pedidos. No mês em que foi executado o plano de manutenção, Junho, o indicador de disponibilidade do equipamento alcançou a marca de 99,04% sendo considerado historicamente como um dos melhores resultados do equipamento no aspecto de disponibilidade. Isso se dá por dois fatores: primeiramente com todos os equipamentos tendo passado por revisão o índice de paradas não planejadas baixou significativamente, em segundo plano pelo tempo de máquina parada teve menor tempo para a ocorrência de falhas.

Gráfico 1 - Disponibilidade da máquina de aplainamento (%)



Fonte: o autor (2024).

No primeiro mês após a execução, Julho, foi atingido a disponibilidade de 95,91% indicando resultados satisfatórios das atividades contempladas no plano de manutenção, superando a meta de disponibilidade do equipamento. Já em agosto foi alcançado a disponibilidade de 97,84% excedendo a meta de disponibilidade pelo terceiro mês consecutivo, como ilustrado no gráfico 1.

Este estudo teve como objetivo propor um plano de manutenção preventivo que aumentasse a disponibilidade da máquina de aplainamento de madeira na empresa estudada, o que foi realizado com sucesso como demonstrado anteriormente, isso pode ser justificado em diversos pontos na literatura com destaque para a importância da prevenção nas indústrias. Diversas atividades propostas foram retiradas do manual do equipamento, entretanto estas práticas não eram realizadas com a periodicidade recomendada, e isso acontece em muitas indústrias.

Ao negligenciar a manutenção adequada dos equipamentos, os danos são percebidos apenas quando os equipamentos ou seus componentes estão seriamente comprometidos, evidenciando a necessidade do plano de manutenção preventivo. Já que a manutenção correta e regular é indispensável para a eficácia e conservação do equipamento, quando não realizada aumenta os custos associados à falta de produtividade, atraso na entrega de produtos, perdas de contratos e desprestígio da imagem das empresas (LIMA, 2022).

Houve melhora no índice de disponibilidade, isso se deu devido ao aumento dos tempos entre paradas e diminuição no tempo para reparos, após a execução do plano de manutenção, corroborando com o estudo de Lima (2022) que afirma que o grande número de manutenção corretiva necessários nas empresas resulta de estratégias de manutenção preventivas incorretas ou insuficientes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta deste estudo foi apresentar um plano de manutenção preventivo para uma máquina de aplainamento de madeira de uma indústria madeireira objetivando aumentar a disponibilidade do equipamento. Haja vista a importância do justificada pela literatura da periodicidade de cuidados preventivos em equipamentos industriais.

Por fim, concluiu-se que a implantação de um plano com base no recomendado pelo manual do equipamento e identificação das necessidades individuais dos equipamentos melhorou os Indicadores-Chave de Desempenho, levando em consideração o aumento do tempo disponível da máquina para produção.

Contudo a disponibilidade do equipamento pode ser afetado por outras áreas como a manutenção elétrica e lubrificação que são pontos de importantes tempos de

parada atualmente, identificando assim a necessidade de elaboração de planos preventivos para estas especialidades, bem como realizado na manutenção mecânica, deixando assim aberto a necessidade de trabalhos futuros para alcançar KPI ainda maiores na empresa.

Com o aumento da disponibilidade dos equipamentos as empresas aumentam suas margens de lucro através da redução de custos de manutenção inesperados, melhora na qualidade e prazos de entrega dos produtos aumentando assim a credibilidade da empresa.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5462 Confiabilidade e Manutenibilidade**, Rio de Janeiro: 1994. Disponível em: <https://ufsb.edu.br/propa/images/dinfra/coman/Legisla%C3%A7%C3%B5es/NBR-5462.pdf>. Acesso em: 16 set. 2024.

BALDISSARELLI, Luciano; FABRO, Elton. **Manutenção Preditiva na indústria 4.0** Scientia Cui Ind., 2019. v.7, n.2, p.12-22. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v7iss2p12>. Acesso em: 16 set. 2024.

BEGAS, Gustavo F.; BERMUDEZ, Julio C.; SOUZA, Leandro T.; VILLAROEL, Murilo B. R.; KALILI, Roberto M., **Machine learning na manutenção prescritiva de caldeiras industriais**. Contemporary Journal, 2024, v. 4, n. 6, p. 01-25. Disponível em: <https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/4673>. Acesso em: 16 set. 2024.

CARREIRA, Filipe; SILVA, Luís; CANEIRA, Tiago., **Manutenção - Evolução e Sua Importância**. Instituto Superior Engenharia de Engenharia de Lisboa-ISEL, 2010. Disponível em: <https://www.isel.pt/> Acesso em: 16 set. 2024.

CHAVES, André R., **Plano de manutenção preventiva aplicado a uma plataforma elevatória de acessibilidade**. CT-UFRN, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/42897>. Acesso em: 16 set. 2024.

MUNIZ FILHO, Edisio R., **Estratégia de manutenção prescritiva: um estudo aplicado às máquinas de chave da estrada de ferro carajás**. TEDE - Universidade Federal do Maranhão, 2019. Disponível em: <http://www.tedebc.ufma.br:8080/jspui/handle/tede/4329> . Acesso em: 17 nov. 2024.

FOGLIATO, Flavio. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2009. E-book. ISBN 9788595154933. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595154933/>. Acesso em: 16 set. 2024.

GARCIA, F. L.; NUNES, F. L. **Proposta de implantação de manutenção preventiva em um centro de usinagem vertical: um estudo de caso**. Revista Tecnologia e Tendências, 2014. v.9 n.2 Disponível em: <https://doi.org/10.25112/rtt.v9i2.1342> Acesso em: 16 set. 2024

GRESSLER, Fernando; SELEME, Robson; SILVA, William A.; MARQUES, Marcos A. M., **Diagnóstico do grau de maturidade do sistema de gestão orientado para a manutenção 4.0**. Brazilian Journal of Development, 2020. v. 6, n. 3, p. 14951-14978 Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-392>. Acesso em: 16 set. 2024

HAGSTRÖM, M. H. *et al.*, **Evaluating the effectiveness of machine acquisitions and design by the impact on maintenance cost—a case study**. IFAC-PapersOnLine, 2020. v. 53, n. 3, p. 25-30. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896320301427> Acesso em: 16 set. 2024

LIMA, Leandro da Silva, **Uma abordagem sobre a manutenção preventiva como meio para diminuir a manutenção corretiva**. Jornal Tribuna, 2022. Disponível em: <https://jornaltribuna.com.br/2022/06/uma-abordagem-sobre-a-manutencao-preventiva-como-meio-para-diminuir-a-manutencao-coretiva/>. Acesso em: 13 out. 2024.

MACHADO, Cristófer O.; MONTEIRO, Sergio C.; CELESTINO, Yuri V. S.; ANDRADE, José A. B.; JUNIOR, Adauri S. R., **Manutenção prescritiva: a evolução da manutenção na indústria 4.0**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, 2023. v. 9, n. 9. Disponível em: <https://doi.org/10.51891/rease.v9i9.11476>. Acesso em: 16 set. 2024

OLIVEIRA, R. R., SANTOS, R. R., **Estudo sobre a interação dos pilares manutenção autônoma e manutenção planejada da metodologia TPM em indústria do segmento sucroalcooleiro**. Repositório Institucional AEE [online] , 2021. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/jspui/handle/aee/18750>. Acesso em: 13 out. 2024.

TORRES Frederico de Paula; Zoroastro Torres VILAR, **Aumento da disponibilidade operacional por meio da manutenção preventiva aplicada em chave hidráulica de tubos na indústria do petróleo**. UFERSA, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/7865>. Acesso em: 17 nov. 2024.

VIEIRA, M. V. F, *et al.*, **Manutenção em redutores de velocidade: Um estudo de caso para aumentar a disponibilidade física**. Gestão da Manutenção Industrial e Mineração. Poisson, E.1, v. 1, n. 6, p. 26, 2022. Disponível em: https://poisson.com.br/livros/individuais/Gestao_Manutencao/volume1/Gestao_Manutencao_vol1.pdf#page=34. Acesso em: 16 set. 2024

VAZ, José Carlos, **Manutenção de sistemas produtivos: um estudo sobre a gestão da disponibilidade de equipamento**. Biblioteca virtual - USP, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.3.2016.tde-22062016-142336>. Acesso em: 16 set. 2024.

5 ANEXO

Anexo 1 - Plano de Manutenção.

Local	Descrição	Frequência	Tempo (h)
Transportador Para Entrega	Tensionar corrente de transporte	Mensal	0,75
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	semestral	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	semestral	0,25
	Inspeção em mancais e rolamentos dos eixos de acionamento, caso necessário substituir	Mensal	0,50
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	Anual	0,25
Mesa Basculante	Tensionar corrente de elevação	Mensal	0,75
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	semestral	0,50
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	semestral	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	Anual	0,25
	Inspeção em mancais e rolamentos dos eixos de acionamento, caso necessário substituir	Mensal	0,50
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	Anual	0,25
Transportador Transversal De Engarrafamento 01248	Tensionar corrente do transporte e corrente de acionamento	Mensal	1,00
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	semestral	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	semestral	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	Anual	0,25
	Inspeção em mancais e rolamentos dos eixos de acionamento, caso necessário substituir	Mensal	0,50
Transportador Transversal De Engarrafamento 01253	Tensionar corrente do transporte e corrente de acionamento	Mensal	1,00
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	semestral	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	semestral	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	Anual	0,25
	Inspeção em mancais e rolamentos dos eixos de acionamento, caso necessário substituir	Mensal	0,25
Transportador De Rolos Helicoidais 1268	Trocar e tencionar as correias de acionamento	Mensal	2,00
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	semestral	0,25
	Inspeção em mancais e rolamentos dos eixos de acionamento, caso necessário substituir	Mensal	0,25
Corrente De Limitação	Tensionar corrente de limitação lateral	Mensal	0,25
	Inspeccionar guias e caso necessário substituir	semestral	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	semestral	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	Anual	0,25

Transportador De Correia Cônica	Tensionar correia cônica	Mensal	0,25
	Inspeção em mancais e rolamentos dos eixos de acionamento, caso necessário substituir	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	Mensal	0,25
Esteira Transportadora Transversal	Tensionar correia cônica	Mensal	0,25
	Inspeção em mancais e rolamentos dos eixos de acionamento, caso necessário substituir	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	semestral	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	Anual	0,25
Transportador Transversal Para Contentores De Ripas	Tensionar corrente de transporte	Mensal	0,50
	Inspecionar guias e caso necessário substituir	semestral	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	semestral	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	Anual	0,25
Transportador Transversal De Engarrafamento Com Alocador Com Dispositivo De Retenção	Tensionar corrente de transporte	Mensal	0,50
	Inspecionar guias e caso necessário substituir	semestral	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
Estação De Atribuição	Tensionar corrente de transporte	Mensal	0,25
	Inspecionar guias e caso necessário substituir	Mensal	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
Superestrutura Do Rolos De Pressão De Entrada	Fazer reaperto de conexões e inspeção nos cilindros hidráulicos	Mensal	0,25
	Tensionar corrente acionamento dos rolos	Mensal	0,25
	Inspecionar guias e caso necessário substituir	Mensal	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25

Dispositivo Prensa-Tábuas Entrada	Fazer reaperto de conexões e inspeção nos cilindros hidráulicos	Mensal	0,25
	Inspeção em guias deslizante e substituir caso necessário	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
Transportador De Avaliação Entrada	Tensionar corrente de transporte	Mensal	0,25
	Inspeccionar guias e caso necessário substituir	Mensal	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
	Inspeccionar folgas nos roletes de transporte, troca se necessário	Mensal	0,25
	Fazer reaperto de conexões e inspeção nos cilindros hidráulicos	Mensal	0,25
Aba De Eliminação Entrada	Tensionar corrente de transporte	Mensal	0,25
	Inspeccionar guias e caso necessário substituir	Mensal	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
	Fazer reaperto de conexões e inspeção nos cilindros hidráulicos	Mensal	0,25
Transportador Transversal De Atalho	Tensionar corrente de transporte	Mensal	0,25
	Inspeccionar guias e caso necessário substituir	Mensal	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
Transportador Transversal De Engarrafamento Entrada	Tensionar corrente de transporte	Mensal	0,25
	Inspeccionar guias e caso necessário substituir	Mensal	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
Máquina de aplainar	Inspeccionar vazamentos de óleo, caso necessário fazer reaperto de mangueiras e conexões	semanal	0,50
	Inspeccionar vazamentos de ar comprimido, se necessário trocar mangueiras e conexões	semanal	0,50
	Purgar sistema de filtro da unidade de controle pneumático	semanal	0,15
	Inspeção em desgaste do sistema de quebra de cavaco, reestabelecer sistema caso esteja danificado	Mensal	0,25
	Verificar desgaste e folgas nos rolos de pressão lateral	Mensal	0,25
	Reaperto nos parafusos de fixação dos cardans	Mensal	1,50
	Tensionar correia de acionamento dos cardans	Mensal	0,50
	Verificar folgas em eixos cardans de acionamento	Mensal	1,00

Máquina de aplinar	Fazer reaperto na barra guia da plaina	Mensal	0,25
	Verificar folgas nos trilhos rabo de andorinha das mesas	Mensal	0,50
	Verificar nivelamento da plaina e alinhamento, caso necessário realizar nivelamento e alinhamento	trimestral	1,00
	Limpeza em fusos de ajuste de altura	semanal	1,00
	Limpeza em fusos de ajuste de largura	semanal	1,00
	Verificar alinhamento da plaina com relação a mesa de alimentação	trimestral	0,50
Esteira Transportadora	Tensionar correia de transporte	Mensal	0,25
	Inspecionar rasgos e desgaste na correia	Mensal	0,25
	Limpar fuso de ajuste lateral e inspecionar folgas	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
Esteira Transportadora De Frenagem	Tensionar corrente de acionamento	Mensal	0,25
	Tensionar correia de transporte	Mensal	0,25
	Inspecionar rasgos e desgaste na correia	Mensal	0,25
	Limpar fuso de ajuste lateral e inspecionar folgas	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
Transportador De Corrente Com Estacas Em Forma De Telhado	Tensionar corrente de transporte	Mensal	0,25
	Inspecionar guias e caso necessário substituir	Mensal	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
Correia De Limitação	Tensionar correia de transporte	Mensal	0,25
	Inspecionar rasgos e desgaste na correia	Mensal	0,25
	Limpar fuso de ajuste lateral e inspecionar folgas	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
Transportador Transversal De Engarrafamento	Tensionar corrente do transporte e corrente de acionamento	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	Mensal	0,25
	Inspecção em mancais e rolamentos dos eixos de acionamento, caso necessário substituir	semestral	0,25
Estação De Atribuição	Tensionar corrente do transporte e corrente de acionamento	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	Mensal	0,25
	Inspecção em mancais e rolamentos dos eixos de acionamento, caso necessário substituir	semestral	0,25

Superestrutura Do Rolos De Pressão Saída	Fazer reaperto de conexões e inspeção nos cilindros hidráulicos	Mensal	0,25
	Tensionar corrente acionamento dos rolos	Mensal	0,25
	Inspecionar guias e caso necessário substituir	Mensal	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
Dispositivo Prensa-Tábuas Saída	Fazer reaperto de conexões e inspeção nos cilindros hidráulicos	Mensal	0,25
	Inspeção em guias deslizante e substituir caso necessário	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
Transportador De Avaliação Saída	Tensionar corrente de transporte	Mensal	0,25
	Inspecionar guias e caso necessário substituir	Mensal	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
	Inspecionar folgas nos roletes de transporte, troca se necessário	Mensal	0,25
Aba De Eliminação Saída	Fazer reaperto de conexões e inspeção nos cilindros hidráulicos	Mensal	0,25
	Tensionar corrente de transporte	Mensal	0,25
	Inspecionar guias e caso necessário substituir	Mensal	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
Transportador Transversal De Engarrafamento Saída	Tensionar corrente de transporte	Mensal	0,25
	Inspecionar guias e caso necessário substituir	Mensal	0,25
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25

Dispositivo Formador De Camadas	Fazer reaperto de conexões e inspeção nos cilindros hidráulicos	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
Dispositivo Prensa-Tábuas	Fazer reaperto de conexões e inspeção nos cilindros hidráulicos	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
	Inspecionar guias e caso necessário substituir	Mensal	0,25
Garfo De Empilhamento	Fazer reaperto de conexões e inspeção nos cilindros hidráulicos	Mensal	0,25
	Tensionar corrente de acionamento	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
Alinhador De Pacotes	Fazer reaperto de conexões e inspeção nos cilindros hidráulicos	Mensal	0,25
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	Mensal	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	semestral	0,25
Mesa De Empilhamento Dupla	Tensionar corrente de elevação	Mensal	0,75
	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	semestral	0,50
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	semestral	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	Anual	0,25
	Inspecção em mancais e rolamentos dos eixos de acionamento, caso necessário substituir	Mensal	0,50

Transportador Transversal De Pacotes E Pilhas	Fazer reaperto em parafusos de fixação da estrutura	semestral	0,50
	Verificar o desgaste das correntes e rodas dentadas, em caso de necessidade de troca, trocar o conjunto	semestral	0,25
	Verificar estado de conservação da estrutura (corrosão, juntas soldadas, espessura de chapas e guias)	Anual	0,25
	Inspeção em mancais e rolamentos dos eixos de acionamento, caso necessário substituir	Mensal	0,50

Fonte: o Autor (2024).