



ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

ANÁLISE DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE SOLDAGEM EM UMA FÁBRICA DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS

MAINTENANCE MANAGEMENT ANALYSIS OF WELDING EQUIPMENTS IN AN AGRICULTURAL MACHINERY FACTORY

ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE SOLDADURA EN UNA FÁBRICA DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

David da Silva Borges ¹, André Alves de Resende ², & Aline Gonçalves dos Santos ^{3*}

¹²³ Engenharia de Produção, Catalão, Goiás, Brasil.

¹borgesdavid@yahoo.com.br ²aarendes@ufcat.edu.br ³aline_santos@ufcat.edu.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 23.04.2023

Aprovado: 18.07.2023

Disponibilizado: 18.08.2023

PALAVRAS-CHAVE: Manutenção. Soldagem. TPM.

KEYWORDS: Maintenance. Welding. TPM.

PALABRAS CLAVE: Mantenimiento, Soldadura, TPM

*Autor Correspondente: Santos, A. G., dos.

RESUMO

A gestão da manutenção impacta diversos setores de uma organização, especialmente, o de produção. Em fábricas em que ocorre o processo de soldagem, a boa gestão da manutenção é importante para que os equipamentos tenham o desempenho adequado e não afete de forma negativa a produção. Diante desse contexto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo geral de analisar o processo de manutenção do setor de soldagem de uma fábrica de máquinas agrícolas para gerar propostas de melhorias. Para tanto, foi desenvolvido uma pesquisa participante, em que foram realizadas entrevistas com diversos colaboradores da organização que estão envolvidos no processo de manutenção e de soldagem. Dados foram coletados por meio do banco de dados da organização e um benchmarking interno foi realizado. Como resultado, observou-se que a TPM (manutenção produtiva total, sigla em inglês) não é desenvolvida de forma consistente no setor analisado e possíveis melhorias foram identificadas. Portanto, conclui-se que a análise da manutenção produtiva total proporciona a identificação de melhorias para a organização.

ABSTRACT

Maintenance management impacts several sectors of an organization, especially production. In factories where the welding process takes place, good maintenance management is important so that the equipment has the proper performance and does not

negatively affect production. Given this context, the present work was developed with the aim of analyzing the maintenance process of the welding sector of an agricultural equipment factory to generate proposals for improvements. To this end, a participant research was developed, in which interviews were conducted with several employees of the organization who are involved in the maintenance and welding process. Data were collected through the organization's database and an internal benchmarking was carried out. As a result, it was observed that the TPM (total productive maintenance) is not developed consistently in the analyzed sector and possible improvements were identified. Therefore, it is concluded that the analysis of total productive maintenance provides the identification of improvements for the organization.

RESUMEN

La gestión del mantenimiento impacta en varios sectores de una organización, especialmente en el de producción. En fábricas donde ocurre el proceso de soldadura, una buena gestión del mantenimiento es importante para que los equipos tengan un rendimiento adecuado y no afecten negativamente la producción. En este contexto, el presente trabajo se desarrolló con el objetivo general de analizar el proceso de mantenimiento del sector de soldadura de una fábrica de maquinaria agrícola para generar propuestas de mejora. Para ello, se llevó a cabo una investigación participante en el que se realizaron entrevistas con varios colaboradores de la organización involucrados en el proceso de mantenimiento y soldadura. Se recopilaron datos a través de la base de datos de la organización y se llevó a cabo una comparación interna. Como resultado, se observó que el TPM (mantenimiento productivo total) no se desarrolla de manera consistente en el sector analizado y se identificaron posibles mejoras.



1. INTRODUÇÃO

No Brasil, de acordo com a Revista Manutenção (2020), aproximadamente 25% das empresas brasileiras não possuem o setor de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM). Além disso, segundo dados apresentados pela pesquisa realizada com cerca de 1.000 gestores e 200 empresas de médio e grande pela Engeteles (2018), empresa de Consultoria e Treinamentos para área de Gestão da Manutenção, apenas 38% das empresas consultadas possuem métricas sólidas aplicadas ao setor de manutenção. Entretanto, Kardec e Nascif (2012) ressaltam que, no cenário de globalização e alta competitividade, a manutenção é uma das atividades fundamentais do processo produtivo e precisa atuar como um agente proativo.

O setor de manutenção, nos últimos 70 anos, tem passado por grandes mudanças e, nas empresas de destaque, esse responde rápido às transformações ocorridas. Essas organizações têm se conscientizado sobre questões como o impacto da falha do equipamento sobre a segurança, o meio ambiente e os resultados da empresa. Além disso, a relação entre a qualidade do produto e manutenção, a necessidade de garantir alta disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, juntamente com a busca pela redução dos custos têm se tornado mais evidente para essas organizações (Kardec & Nascif, 2012). Zonta, da Costa, Righ, da Trindade e Li (2020) ressaltam que a atividade de manutenção requer estratégias e planejamento para atender as necessidades de qualidade, segurança e produtividade.

Os processos de manutenção impactam diversos setores de uma organização. Para um sistema de produção, segundo Liu, Dong, Chen e Liu (2020), a programação da manutenção exerce influência na sua gestão, no que se refere aos estoques intermediários, pois, para garantir a continuidade do abastecimento durante interrupções de produção devido às manutenções adotadas, é necessário estabelecer estoques intermediários entre máquinas consecutivas. Franciosi, Voisin, Miranda, Riemma e Lung (2020) acrescentam que os processos de manutenção também estão relacionados à sustentabilidade, impactando diretamente nas suas atividades e indiretamente no processo de produção e na qualidade do produto fabricado, devido ao desempenho da manutenção.

Considerando os sistemas de produção que sofrem grande impacto das ações de manutenção, destaca-se o processo de soldagem. De acordo com a Sonic System, empresa que fornece serviços de assistência técnica de equipamentos industriais, a manutenção de equipamentos de soldagem que possuem utilização constante sem manutenção preventiva gera a maior demanda de reparos, pois, de acordo com a empresa, ainda há pouca capacitação de técnicos especializados nesses equipamentos. Diante disso, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo geral de analisar as práticas de manutenção de uma linha de soldagem de uma fábrica de máquinas agrícolas para gerar propostas de melhorias. Ressalta-se que a soldagem é um processo *core competence* para a organização, sendo que 60% da máquina é composta por conjuntos soldados. Esse setor apresenta pontos a melhorar quanto à gestão da manutenção, pois quebras de máquinas e falhas em dispositivos ocorrem com frequência, ocasionando paradas de linha.



2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

A Manutenção produtiva total - TPM, do inglês *Total Productive Maintenance*, tem como objetivo melhorar a produtividade e qualidade, juntamente com a satisfação no trabalho (Singh, Gohil, Saha, & Desai, 2013), por meio de maior qualificação das pessoas e melhoramentos nos equipamentos (Kardec & Nascif, 2012). Essa abordagem aperfeiçoa a eficácia do equipamento, elimina quebras e promove a manutenção do operador autônomo por meio de atividades do dia a dia envolvendo toda a força de trabalho (Sing et al., 2013).

Esse programa é apoiado em oito pilares que estabelecem um sistema para maior eficiência produtiva, a saber: melhoria focada (focar a melhoria global do negócio); manutenção autônoma (autogerenciamento e controle, liberdade de ação e conscientização da filosofia TPM); manutenção planejada (planejamento e controle da manutenção); educação e treinamento (ampliação da capacitação técnica, gerencial, comportamental do pessoal da manutenção e operação); controle inicial (estabelecer sistema de gerenciamento da fase inicial para novos projetos); manutenção da qualidade (estabelecer programa de zero defeito); TPM *office* (estabelecer um programa de TPM nas áreas administrativas); segurança (estabelecer um sistema de saúde, segurança e meio ambiente) (Weber & Thomas, 2005). Para se ter um bom desenvolvimento desse programa é necessário compreender os tipos de manutenção que existem de forma a obter as vantagens de cada um.

2.2. TIPOS DE MANUTENÇÃO

Existem diversos tipos de manutenção e, de acordo com Kardec e Nascif (2012), não há um consenso no que se refere à sua classificação. Os autores consideram seis estratégias de manutenção diferentes, a saber: manutenção corretiva não planejada; manutenção preventiva; manutenção preditiva; manutenção detectiva; manutenção corretiva planejada; e engenharia da manutenção.

A manutenção corretiva se dá após a ocorrência de uma pane e é usada para colocar o equipamento em funcionamento novamente (ABNT NBR 5462, 1994). Ela é dividida em duas classes, a não planejada e a planejada. A primeira se refere ao reparo da falha de maneira aleatória, em que não há tempo para preparação do serviço ou para planejamento. Na segunda, o monitoramento do equipamento é feito e fornece a informação para a correção do desempenho menor do que o esperado (Kardec & Nascif, 2012).

A manutenção preventiva está relacionada à eliminação ou prevenção de tarefas da manutenção corretiva ou da paralisação. Ela baseia-se na avaliação regular dos equipamentos para identificar problemas potenciais e programar atividades de manutenção para evitar qualquer degradação nas suas condições operacionais (Moblely, Higgins, & Wikoff, 2008).

A manutenção preditiva tem o objetivo de prevenir falhas dos equipamentos por meio de acompanhamentos de parâmetros diversos, possibilitando sua operação contínua pelo maior tempo possível (Kardec & Nascif, 2012). É importante prever a falha com antecedência de modo a evitar danos catastróficos e possibilitar o planejamento do reparo (Shin, Han, & Rhee, 2021).



A manutenção detectiva se refere à identificação de falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal da operação e da manutenção em sistemas de proteção, comando e controle. Já a engenharia de manutenção é o suporte técnico da manutenção e busca perseguir *benchmarks* e aplicar técnicas modernas (Kardec & Nascif, 2012).

2.3. INDICADORES DE MANUTENÇÃO

A medição de desempenho constitui uma atividade fundamental para qualquer processo, pois ela permite verificar o desempenho atual e comparar com o desejado. Os indicadores selecionados corretamente permitem identificar de forma precisa onde tomar medidas para melhorar o desempenho (Weber & Thomas, 2005).

Com relação aos aspectos funcionais e técnicos, existem diversas medidas, algumas delas, destacadas por Horenbeek e Pintelon (2021) são a disponibilidade (A), a confiabilidade (R) e a eficácia geral do equipamento (OEE). Lafraia (2001) também destaca a manutenibilidade.

A disponibilidade está relacionada à capacidade do equipamento estar em condições de executar sua função em um dado instante ou em um intervalo determinado, considerando que os recursos externos requeridos estejam assegurados (ABNT NBR 5462, 1994). Quanto à confiabilidade, essa se refere à probabilidade de que um componente, equipamento ou sistema exercerá sua função sem falhas, por um período previsto, em condições de operação especificadas (Lafraia, 2001). Alta disponibilidade é necessária para reduzir as penalidades por tempo de inatividade, enquanto alta confiabilidade é desejada para limitar o número de ações de manutenção (Horenbeek & Pintelon, 2021).

A eficácia geral do equipamento analisa o desempenho de uma ou mais máquinas e é composta pela taxa de desempenho, disponibilidade e taxa de qualidade, que são medidas de perdas de equipamento. Sua implementação permite aumento da qualidade dos produtos, reduz quebras, o tempo ocioso, as taxas de acidentes, o excesso de estoque, os resíduos e defeitos (Chikwendu, Chima, & Edith, 2020).

A manutenibilidade é a facilidade com que se efetuam reparos e outras atividades de manutenção. Seu escopo de atividades inclui o tempo médio entre manutenção, o tempo médio entre substituições, o tempo para manutenção, a relação entre as horas de manutenção e as horas de operação e a relação entre o custo de manutenção e as horas de operação (Lafraia, 2001).

Ressalta-se que existem, também, indicadores que consideram a eficácia dos custos de manutenção. O custo de manutenção por faturamento (CMFT) é um indicador que considera a relação entre o custo total de manutenção e o faturamento bruto da empresa, em um determinado período (Kumar, Galar, Aditya, & Stenstrom, 2013).

2.4. BENCHMARKING

Benchmarking é um termo que possui diversas definições, mas, de forma geral, pode ser descrito como a atividade de comparar processos de negócios e métricas de desempenho com organizações de boas ou melhores práticas (van Harten, van Bokhorst, & van Luenen, 2010). Ele é um método comum, eficaz, simples e relevante para medir, analisar e melhorar o



desempenho de uma organização (Wind & van Harten, 2017; Demmon et al., 2020) por meio de identificação, conhecimento e adaptação das melhores práticas (Kardec & Nascif, 2012). Demmon et al. (2020) ainda ressaltam que esse método constitui uma boa ferramenta para troca de informações.

Martins e Laugeni (1999) acrescentam que o *benchmarking* avalia o desempenho da empresa em relação aos líderes do mercado e, também, pode ser realizado de forma interna (*benchmarking* interno) por empresas que tenham filiais que executam as mesmas atividades.

Bhutta e Huq (1999) indicam que o *benchmarking* deve ser realizado seguindo cinco passos. Primeiro, deve-se planejar o estudo, em que se decide o que se deve comparar. A segunda etapa consiste em formar a equipe de *benchmarking* que apresenta como o principal fator de sucesso a compreensão completa do processo que está sendo comparado. No terceiro passo, deve-se identificar os parceiros, em que empresas consideradas referência no processo avaliado são escolhidas. Em seguida, no quarto passo, coleta-se e analisa-se as informações. A coleta de dados deve ser voltada para a compreensão dos facilitadores do desempenho das melhores práticas. A etapa final de *benchmarking*, passo cinco, envolve a adaptação das melhores práticas das outras empresas e a implementação de melhorias específicas.

3. METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Quanto aos objetivos, a presente pesquisa classifica-se como descritiva, que segundo Gil (2008), tem o objetivo descrever uma população ou fenômeno. No trabalho realizado, a manutenção desenvolvida no processo de soldagem de uma organização foi descrita, com objetivo de identificar possíveis melhorias.

Quanto aos procedimentos adotados na coleta de dados, a modalidade de pesquisa utilizada foi a pesquisa participante, que, conforme exposto por Prodanov e Freitas (2013), é um estudo em que há a interação entre os pesquisadores e os membros das situações investigadas.

Quanto à análise dos dados, essa se classifica como qualitativa. De acordo com Gil (2008), na análise qualitativa, não há fórmulas ou receitas pré-definidas para orientar os pesquisadores, dependendo, assim, da capacidade desse. Prodanov e Freitas (2013) acrescentam que, nessa forma de abordagem do problema, os pesquisadores têm contato direto com o ambiente investigado e realiza coleta de dados que são descritivos, não utilizando dados estatísticos na análise central do problema.

3.2. ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

Primeiramente, uma entrevista semiestruturada foi realizada com o planejador do setor de manutenção da organização. De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a entrevista não estruturada permite que o pesquisador explore mais amplamente algumas questões, tendo a liberdade de direcionar a entrevista para qualquer direção, já a entrevista estruturada, envolve a utilização de um roteiro preestabelecido. Assim, Gil (2008) ressalta que a entrevista semiestruturada permite que o entrevistado discorra de forma livre sobre o assunto, mas o pesquisador atenta-se para que o tema principal não saia do foco.



Portanto, perguntas sobre o tema investigado foram feitas ao planejador de manutenção. Nessa entrevista, foram abordadas as principais características da gestão da manutenção no setor de soldagem, como os tipos de manutenção realizados, o fluxo de atividades desenvolvido, a manutenção produtiva total, os *softwares* utilizados para auxiliar o controle e a gestão da manutenção.

Posteriormente, foi realizada uma entrevista semiestruturada com o líder de produção e seis soldadores, de forma a obter informações gerais sobre a condição atual dos equipamentos em relação ao serviço de manutenção realizado e sobre possíveis melhorias observadas pelos entrevistados. Dessa forma, foi questionado sobre a percepção que esses têm quanto à prestação de serviços do setor de manutenção, quais os pontos críticos que enxergavam e sugestões que eles poderiam citar. Cabe destacar que os seis soldadores foram escolhidos para a entrevista porque são multifuncionais (certificados para soldar em diversas estações de trabalho) e possuem vasta experiência de atuação com o processo de soldagem na empresa. As entrevistas foram conduzidas nas áreas de melhoria contínua da empresa.

Em seguida, foi realizado *benchmarking* interno com uma fábrica da mesma companhia (matriz da companhia no Brasil), situada em uma região diferente da organização analisada no estudo. Assim, nessa etapa, foram analisadas as iniciativas que essa realiza quanto à manutenção e identificadas as melhores práticas relacionadas ao processo de soldagem. O *benchmarking* interno foi escolhido para este trabalho devido à possibilidade de se ter o benefício do ganho imediato que se tem pela identificação dos melhores procedimentos internos e da capacidade de transferi-los para outras partes da organização, conforme explanado por Bhutta e Huq (1999). Ressalta-se que a matriz foi escolhida para desenvolvimento do *benchmarking* porque apresenta um programa de PCM estruturado.

Para realização do *benchmarking* utilizou-se os cinco passos propostos por Bhutta e Huq (1999). A escolha do que se deve comparar está relacionada ao objetivo do trabalho, assim, comparou-se a forma como ocorre a gestão da manutenção na matriz. A equipe de *benchmarking* foi formada pelos pesquisadores deste trabalho. Na terceira etapa, conforme supracitado, escolheu-se a matriz para desenvolvimento do *benchmarking*. No quarto passo, as informações foram coletadas e avaliadas. Por fim, sugeriu-se adaptações das melhores práticas para a empresa, objeto de estudo.

Finalmente, dados referentes aos tipos de equipamentos, quantidade de ordem de serviço e indicadores de manutenção foram fornecidos pelo planejador da organização em estudo para análise. Esses foram analisados juntamente com as demais informações e ações de melhoria foram propostas para compartilhamento com a área de manutenção, buscando a criação de um plano de implementação.

3.3. DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DO SETOR DE ANÁLISE

O presente estudo foi desenvolvido em uma fábrica do setor metal mecânico. Os processos e competências chaves dessa fábrica são: corte e conformação (chapas, tubos e perfis), soldagem, pintura e montagem. Dentre esses, o setor de soldagem é considerado especial.



Segundo *The Welding Institute* (TWI, 2021), esse processo é assim definido, pois a qualidade final não pode ser avaliada facilmente, requerendo controles e gerenciamento especializado durante todas as etapas da produção.

A linha de soldagem da fábrica possui 126 soldadores e, para cada um, é designada uma fonte de soldagem para operação. Além disso, nas estações há equipamentos que auxiliam as pré-montagens e garantem a posição dos conjuntos a serem soldados. Inserido nesse processo há, também, uma estação de soldagem a arco robotizada.

Os equipamentos que abrangem o setor de soldagem estão compreendidos nas categorias de talhas com braços para içamentos de carga com fixação de colunas ou paredes, pontes rolantes para içamento de cargas, fontes de soldagem, alimentadores de arame de soldagem, unidades refrigeradoras para tochas de soldagem, dispositivos de montagem e uma estação de soldagem a arco robotizada, totalizando mais de 280 equipamentos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ANÁLISE DA TPM

Analisando o primeiro pilar da TPM, melhoria focada ou específica na fábrica, há um programa para melhoria contínua, constituído por um coordenador, grupos de colaboradores e um representante de grupo em cada operação (corte e conformação, soldagem, montagem e pintura). Quanto ao segundo pilar, manutenção autônoma, esse está concentrado apenas em um *check list* individual, em que os colaboradores inspecionam os equipamentos no início do turno de trabalho e, caso encontrem alguma não conformidade, o líder da área deve ser informado para que sejam abertas ordens de serviço para correção. No terceiro pilar, manutenção planejada, há um modelo de manutenção preventiva realizada de acordo com as classes de criticidades dos equipamentos e frequências de inspeções pré-definidas pelo setor de manutenção.

Com relação ao quarto pilar, educação e treinamento, a empresa realiza treinamentos esporádicos para os técnicos de manutenção. Esses ocorrem, principalmente, durante a instalação e liberação de equipamentos. Em alguns casos, são desenvolvidos treinamentos específicos para conhecimento de equipamentos que dispõem de tecnologias ainda não disponíveis na fábrica. Entretanto, uma mudança quanto à capacitação dos técnicos de manutenção tem sido realizada de forma que todos tenham conhecimento para atuar em qualquer equipamento. Ainda há um técnico denominado especialista que, em demandas mais críticas, atua junto aos demais para que as ordens de serviço sejam realizadas com maior eficiência e eficácia. Quanto aos colaboradores da área de operação, são aplicados somente treinamentos gerais, durante a liberação do equipamento para utilização.

O quinto pilar, controle inicial, está concentrado em reuniões de abertura e acompanhamento do projeto para aquisição de máquinas e equipamentos, *tryout* (validação do equipamento no fornecedor ou na fábrica) e entrega do equipamento para operação. Em todas essas etapas, é requerida a participação da área de manutenção.



No que se refere ao sexto pilar, manutenção da qualidade, há iniciativas isoladas com controles e indicadores para alguns equipamentos, porém, não há um programa consolidado e divulgado em toda a fábrica com o objetivo de defeito zero. Na análise do sétimo pilar, programa de TPM nas áreas administrativas, não foi observado uma iniciativa consistente.

O oitavo pilar, sistema de saúde, segurança e meio ambiente, é realizado por meio de ações de monitoramento e controle dos quase acidentes e acidentes. Esse acompanhamento é realizado pelo departamento EHS (*Environment, Health and Safety*), que tem, também, desenvolvido políticas internas de segurança para os colaboradores.

4.2. ANÁLISE DOS TIPOS DE MANUTENÇÃO

Os tipos de manutenção utilizados pela fábrica dentro do processo de soldagem estão concentrados em corretiva e preventiva. Ainda não há nenhuma iniciativa relacionada aos demais tipos de manutenção, como a preditiva.

Na manutenção corretiva, as ações realizadas ocorrem por meio de ordens de serviços, que são geradas dentro do sistema SAP, seja pelo líder de produção ou supervisor da área de soldagem, e comunicadas por meio de rádios ou mensagens instantâneas por aplicativos, buscando uma comunicação mais rápida e objetiva.

A manutenção preventiva é gerenciada pela equipe de PCM. Para cada equipamento do setor de soldagem, é realizada uma classificação de criticidade, que tem como objetivo definir a frequência e as atividades a serem realizadas na manutenção preventiva. Essa classificação é feita antes da instalação do equipamento conforme a política de manutenção interna da empresa, em que os níveis vão de A até C. O nível A compreende os equipamentos que impactam a segurança do operador, meio ambiente ou parada de produção. A classe B engloba os equipamentos que geram custo no reparo ou impacto no ritmo da produção. Já a C inclui os equipamentos com intervenções conforme demanda.

O processo de manutenção preventiva é desenvolvido por meio de um fluxo de atividades. Utilizando o *software* SAP, com o módulo PM (módulo do SAP destinado à manutenção), todos os equipamentos, antes de serem instalados e liberados para operação, são cadastrados, gerando um número que será utilizado para controle e identificação. Dessa forma, para cada equipamento, são definidas a frequência e atividades de manutenção preventiva a serem realizadas. Essas definições são feitas pelo departamento de engenharia de manutenção, técnicos da equipe de manutenção, equipe de engenharia de fábrica e pelos fornecedores. Entretanto, ressalta-se que o departamento de engenharia de manutenção é o principal setor atuante nessas definições, liderando a determinação das atividades e frequência das manutenções preventivas. Isso porque ele é responsável pela avaliação dos equipamentos propostos em relação à infraestrutura da fábrica, identifica restrições e sugere revisões do escopo das aquisições, auxilia na instalação e liberação da máquina para uso, adquirindo, assim, um *know-how* para liderar o planejamento da manutenção preventiva.

Os gerenciamentos das datas de realização e da prioridade da manutenção preventiva são feitos pelo planejador de manutenção, função essa que atua integrando as demandas geradas



pelo sistema de gerenciamento e a equipe técnica de execução. Por meio de ordens de serviços geradas antecipadamente em relação às datas de execução, esse membro da equipe de manutenção avalia e monitora, diariamente, as demandas e as distribui para os líderes da equipe técnica. Assim, busca-se a execução conforme data planejada e, caso necessário, as áreas impactadas são envolvidas para discussão sobre a melhor condição, horário, estrutura e suporte necessário para que sejam realizadas as manutenções preventivas.

Após a realização da manutenção preventiva, baseada na ordem de serviço, os técnicos retornam a ordem para o assistente de manutenção. Esse membro, denominado de apontador, é responsável por cadastrar a conclusão dessa ordem e inserir observações ou correções sugeridas pelos técnicos para posterior avaliação da engenharia de manutenção.

Cabe destacar que, além do SAP, é utilizada a aplicação do SharePoint (aplicativo da Microsoft Corporation de compartilhamento de informações gerais dentro da empresa), em que as ordens são replicadas para o acesso geral de toda equipe de técnicos em uma interface mais objetiva e padronizada. Informações como, o nome do técnico que está responsável por cada ordem de serviço de manutenção, comentários de cada ordem de serviço e se as ordens já foram concluídas são dispostas nesse aplicativo. Essa aplicação constitui um banco de dados geral para o que já foi executado e o que está em processo.

4.3. INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Os indicadores de manutenção estão definidos por norma interna e compreendem tempo médio entre falhas (*Mean Time Between Failures* - MTBF), tempo médio para reparo (*Mean Time to Repair* - MTTR) e disponibilidade do equipamento em porcentagem. Recentemente, a empresa tem utilizado de *softwares* com conceito de BI (*Business Intelligence*) para compartilhar resultados relacionados a esses três indicadores.

No período de um ano para o setor de soldagem, de fevereiro de 2020 a fevereiro de 2021, a média para o MTBF foi de 472,71 horas, para o MTTR de 3,38 horas e a disponibilidade de 97,97%. Os dados indicam que, aproximadamente, a cada 28,2 dias de trabalho, considerando os dois turnos que a fábrica opera, ocorre a falha de um equipamento. Também, mostram que o tempo médio de reparo de um equipamento é de 3,38 horas. Avaliando os tempos padrões relacionados à linha de produção, tem-se o *takt time* (tempo máximo disponível entre a produção de duas máquinas consecutivas) de 1,46 horas. Sendo assim, o valor do MTTR pode causar o impacto na entrega de, pelo menos, duas máquinas. Quanto à disponibilidade, a meta estabelecida pela empresa é de 90%, ou seja, no período avaliado, esse indicador obteve valor acima do esperado.

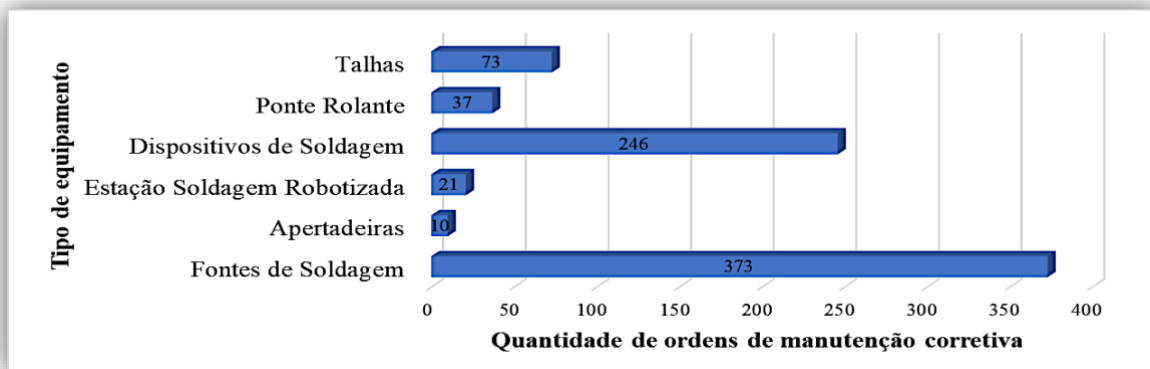
Cabe destacar que, dos 280 equipamentos do setor de soldagem, somente 68 são abordados na análise dos indicadores, ou seja, apenas 24% dos equipamentos são monitorados. Sendo assim, esses dados podem não refletir a realidade do setor.

Para um maior aprofundamento da situação do setor de soldagem, considerando todos os equipamentos, os dados referentes às solicitações de manutenções corretivas, para o mesmo período (fevereiro de 2020 a fevereiro de 2021) foram analisados. Conforme exposto no



gráfico da Figura 1, de um total de 760 solicitações, 373 foram referentes às fontes de soldagem, ou seja, aproximadamente, 49% das solicitações de manutenção corretivas no processo de soldagem foram demandadas por um único tipo de equipamento. As solicitações das demais cinco classes contabilizam 51%. Ao analisar os equipamentos que são considerados para o cálculo dos indicadores de manutenção, observou-se que as fontes de soldagem não são consideradas. Portanto, nota-se que o tipo de equipamento que mais requer manutenção corretiva não faz parte do cálculo dos indicadores, impactando na sua precisão.

Figura 1. Número de solicitações de manutenção corretiva para o setor de soldagem, no período de fevereiro de 2020 a fevereiro de 2021.



4.4. ENTREVISTA COM PLANEJADOR

De acordo com o planejador, o TPM não é efetivo, pois os operadores têm apenas preenchido o *check list* e não executam de forma disciplinada as inspeções. Para melhorar, segundo ele, deve ser feito um estudo junto ao setor de operações, que pode contribuir na abertura dos chamados de maneira padronizada e consistente. Também, é sugerido que haja entendimento da aplicação do TPM. Em nível gerencial, ainda não há uma avaliação e acompanhamento mais próximo desse processo.

4.5. ENTREVISTA COM COLABORADORES

Os colaboradores da área de soldagem (soldadores entrevistados e líder de produção) abordaram temas relacionados à eficiência da equipe de manutenção frente aos serviços prestados na área de soldagem nas manutenções corretivas e preventivas. Destacou-se a velocidade no atendimento e senso de prioridade aplicado pelo time de manutenção. Um exemplo citado foi referente à manutenção de uma estação de soldagem a arco robotizada, que requer um atendimento rápido, preciso e com mínimo de interrupção possível. Segundo entrevistados, ainda há uma deficiência de mão de obra qualificada para atender conforme esse nível de expectativa.

Outros equipamentos, como unidade refrigeradora para tochas de soldagem, requerem uma periodicidade de troca e inspeção do nível do líquido de refrigeração. Entretanto, essa necessidade tem sido evidenciada pelos soldadores de forma reativa e não identificada por uma ação preventiva.



Também, foi listado que a manutenção autônoma tem sido realizada de maneira incorreta. O preenchimento do *check list* é feito, porém, sem a realização das inspeções requeridas, impactando a credibilidade do programa. Há dois principais fatores para ocorrência desse problema. O primeiro está relacionado à falta da conscientização da importância das inspeções e o segundo é referente ao tempo gasto para essa atividade.

Além disso, foi informado que as manutenções preventivas em dispositivos de soldagem contemplam apenas a verificação dos componentes elétricos, hidráulicos e pneumáticos. Diversos componentes não são avaliados, o que gera a necessidade de ordens de serviços extras.

4.6. BENCHMARKING INTERNO

Por meio de uma reunião junto ao supervisor de manutenção de uma das fábricas da companhia (matriz), várias informações foram obtidas. Inicialmente, o entrevistado enfatizou que um dos objetivos para o ano de 2021, para o setor de manutenção, é atuar na redução do seu orçamento, que compreende, principalmente, a lista de peças de reposição, reparos e trocas de componentes de forma prematura.

Outra informação compartilhada foi sobre a redução e eliminação de acidentes ou quase acidentes na operação de soldagem. Esses números são avaliados constantemente, porém requer um entendimento cada vez maior, pois o processo de soldagem se caracteriza pela presença de um circuito elétrico e altas temperaturas, sendo de alto risco. Entretanto, com objetivo de aumentar a eficiência, os dispositivos de soldagem têm sido desenvolvidos com a utilização de sensores, telas *touch screen* e maior volume de cabos elétricos, o que gera um ambiente com alto potencial de pequenos incêndios.

A preparação da mão de obra técnica também foi abordada. Uma mudança quanto à tecnologia dos dispositivos de soldagem, como troca de grampos e giros manuais por grampos com sensores e giros controlados por telas *touch screen*, tem requerido uma revisão no processo de contratação de técnicos. Um exemplo dessa mudança foi a adição de etapas de avaliações técnicas práticas e teóricas, para que, após admissão o profissional obtenha um bom desempenho, sustentando os níveis exigidos pelos indicadores de manutenção. Além disso, ações como a definição de especialistas para cada tipo de aplicação ou tecnologia têm sido empregadas, criando a terminologia “donos do processo ou do equipamento”. O supervisor ressaltou que ainda há uma lacuna entre a mão de obra atual e a tecnologia que está disposta nos equipamentos disponíveis no processo.

Foi destacado que o gerenciamento do PCM é feito, exclusivamente, pelo *software* SAP, desde a abertura de uma ordem de serviço, seguindo pela sua conclusão pelo técnico de manutenção, até a extração de dados para monitoramento e controle dos indicadores. Os indicadores, por meio de aplicações BI, são revisados e avaliados ao final de cada mês pela equipe de manutenção (supervisor, engenheiros e líderes dos times técnicos) para definir prioridades para próximo mês. Os indicadores analisados são o MTTR, MTBF, disponibilidade e a relação entre as manutenções corretivas e as planejadas realizadas.



De forma geral, o supervisor destacou alguns temas de maior relevância para se buscar melhoria contínua, a saber: qualificação da mão de obra dos técnicos de manutenção; catálogo de máquinas e equipamentos atualizados no SAP; lista de peças de reposição definida e aprovada pelas áreas de operações, custo e gerência; treinamento aos usuários dos equipamentos; e uma revisão periódica do *check list* de manutenção autônoma, seja nas inspeções ou nas ações de limpeza dos equipamentos.

4.7. PROPOSTAS DE MELHORIA

A partir da análise feita do processo de manutenção realizado pela empresa, algumas sugestões de melhoria foram identificadas. Primeiramente, sugere-se a utilização de um *software* integrado e unificado, eliminando a necessidade de replicar informações do SAP para o *Share Point* e criando um único sistema de acesso para toda fábrica. Dessa forma, o processo de extração dos dados será agilizado e serão eliminadas atividades repetitivas, conforme é feito pela matriz investigada durante o *benchmarking*.

Sugere-se também o acompanhamento dos indicadores para fontes de soldagem, tendo em vista que esses não são monitorados e demandam o maior número de ações corretivas. Além disso, sugere-se a revisão do plano de manutenção preventiva para esse tipo de equipamento, visando a redução da necessidade das manutenções corretivas. Isso poderá implicar em reduções de custos e aumento da produtividade, com maior disponibilidade do equipamento.

Também, durante a revisão do plano de manutenção preventiva com ênfase nos dispositivos de soldagem, pode-se realizar a verificação de componentes como: grampos manuais; pinos; localizadores; e encostos. Essa ação poderá reduzir a quantidade de ordens de serviços.

Ressalta-se que, no decorrer do estudo, foi verificado que o conhecimento e divulgação da TPM na organização são limitados. Durante questionamento sobre o tema, observou-se falta de entendimento, tendo em vista que as constatações abordaram apenas a manutenção autônoma, ou seja, um único pilar da TPM. Assim, sugere-se que sejam criados treinamentos para produção de conhecimentos sobre o tema, com o objetivo de obter as vantagens proporcionadas pela TPM, em especial, maior produtividade e eficiência.

Conforme é feito pela matriz avaliada no processo de *benchmarking*, a comunicação e divulgação em tempo real dos indicadores de manutenção para o processo de soldagem pode ser feita, com o objetivo de difundir a visão de melhoria contínua no que se refere a esses indicadores.

Para aquisição de novos equipamentos, recomenda-se a definição de uma equipe mais diversificada, com profissionais da área de operações, manutenção, engenharia, meio ambiente, saúde e segurança. Isso poderá proporcionar aquisição de equipamentos que atendam a diversos requisitos, conforme os pilares da TPM.

Por fim, sugere-se a implementação do indicador de manutenção financeiro, avaliado pela relação entre o custo de manutenção total e o faturamento da empresa. O emprego desse indicador poderá contribuir para gerar maior visibilidade por parte da gerência quanto ao



desempenho da gestão da manutenção. Além disso, constituirá uma base de informação para aplicação de projetos de melhoria.

As melhorias sugeridas serão discutidas com os profissionais dos setores envolvidos no estudo e um plano de ação será desenvolvido para aplicação. Para avaliação dos resultados após implementação do plano estabelecido, os indicadores de manutenção serão analisados e os seus valores serão comparados com os gerados antes as mudanças realizadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo realizado, verificou-se que a TPM, na organização, não é um tema ainda difundido. Diversas atividades não estão sendo executadas conforme definição do planejamento de manutenção e alguns procedimentos apresentam deficiências. Dessa forma, oportunidades de melhorias foram identificadas a partir das entrevistas realizadas, análise de dados e *benchmarking* interno.

O emprego de um *software* integrado, a inclusão das fontes de soldagem na análise dos indicadores, a revisão do plano da manutenção preventiva, a realização de treinamentos sobre TPM, a comunicação e divulgação dos indicadores de manutenção, a definição de uma equipe multidisciplinar para aquisição de equipamentos e a implementação de um indicador de manutenção financeiro podem contribuir para melhoria da gestão da manutenção, por meio de redução de custos e melhoria na eficiência nos processos.

Como trabalho futuro, sugere-se a investigação da disponibilidade das fontes de soldagem por meio de análises estatísticas, desenvolvendo um estudo quantitativo. Além disso, metodologias da gestão da qualidade, como DMAIC, podem ser desenvolvidas no setor para identificação e implementação de outras melhorias.

REFERÊNCIAS

- Associação brasileira de normas técnicas. (1994). *NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade*. São Paulo, p. 37.
- Bhutta, K. S. & Huq, F. (1999) Benchmarking - best practices: an integrated approach. *Benchmarking: An International Journal*, 6(3). 254-268. # MCB University. Press, 1463-5771. <https://doi.org/10.1108/14635779910289261>
- Chikwendu, O. C., Chima, A. S., & Edith, M.C. (2020) The optimization of overall equipment effectiveness factors in a pharmaceutical company. *Heliyon*, 6, 03796. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03796>
- Demmon, S., Bhargava, S., Ciolek, D., Halley, J., Jaya, N., Joubert, M. K., Koepf, E., Smithg, P., Trexler-Schmidt, M., & Tsa, P. (2020) A cross-industry forum on benchmarking critical quality attribute identification and linkage to process characterization studies. *Biologicals*, 67, 9-20. <https://doi.org/10.1016/j.biologicals.2020.06.008>
- Franciosi, C, Voisin, A, Miranda, S., Riemma, S., & lung, B. (2020). Measuring maintenance impacts on sustainability of manufacturing industries: from a systematic literature review to a framework proposal. *Journal of Cleaner Production*. 260 (121065). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121065>
- Gestão da manutenção: o mercado, as oportunidades e os desafios*. ENGETELES, 2018, Brasília. Recuperado de <https://engeteles.com.br/gestao-da-manutencao-o-mercado>
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social* (6 ed.). São Paulo: Atlas.
- Horenbeek, A. V. & Pintelon, L. (2014). Development of a maintenance performance measurement framework using the analytic network process (ANP) for maintenance performance indicator selection. *Omega*, 42, 33-46. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2013.02.006>
- Kardec, A. & Nascif, J. (2012) *Manutenção: Função Estratégica*. (4.ed). Rio de Janeiro: Qualitymark Editora.
- Kumar, U., Galar, D., Aditya, P., & Stenstroöm, C. (2013) Maintenance performance metrics: a state-of-the-art review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 19, 233-277. <https://doi.org/10.1108/JQME-05-2013-0029>



Citação (APA): Borges, D. da S., Resende, A. A., de., & Santos, A. G., dos. (2023). Análise da gestão da manutenção de equipamentos de soldagem em uma fábrica de máquinas agrícolas. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 9(3), 175-188.

- Lafraia, J. R. B. (2001). *Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade*. (374 p) Rio de Janeiro: Qualitymark.
- Liu, Q, Dong, M., Chen, F. F., Liu, W., & Ye, C. (2020). Multi-objective imperfect maintenance optimization for production system with an intermediate buffer. *Journal of Manufacturing Systems*, 56, 452-462. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.07.002>
- Manutenção de equipamentos de solda. *Sonic System*, Itupeva, SP. Recuperado de <https://www.sonicsystem.com.br/manutencaoequipamentos-solda>
- Martins, P. & L, F. (1999). *Administração da produção*. São Paulo: Saraiva.
- Mobley, R. K., Higgins, L. R., & Wikoff, D. J. (2008) *Maintenance Engineering Handbook*. 7.ed. New York: McGraw Hill.
- Prodanov, C. C. & Freitas, E. C. (2013) *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico*. 2.ed. Novo Hamburgo: Editora Feevale
- Shin, W, Han, J., & Rhee, W. (2021) AI-assistance for predictive maintenance of renewable energy systems. *Energy*, 221, 119775. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.119775>
- Singh, R., Gohil, A. M., Shah, D. B., & Desai, S. (2013) Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study. *Procedia Engineering*, 51, 592-599. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.084>
- The Welding Institute. TWI, Cambridge, Inglaterra. Recuperado de <https://www.twi-global.com/who-we-are>
- Um quarto das empresas não possuem um setor de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM). (2020). *Revista Manutenção: Gestão, Estratégia e Inovação*. 07 de set. de 2020. Recuperado de <https://www.revistamanutencao.com.br/noticias/manutencao/um-quarto-das-empresas-nao-possuem-um-setor-de-planejamento-e-controle-de-manutencao-pcm.html>
- Van Harten, W. H, Van Bokhorst, L., & Van Luenen, H. G. A. M. (2010) Benchmarking biology research organizations using a new, dedicated tool. *Molecular Oncology*, 4, 12-18. <https://doi.org/10.1016/j.molonc.2009.09.002>
- Weber, A. & Thomas, R. (2005). *Key performance indicators: measuring and managing the maintenance function*. Ivara Corporation, Canadá. Recuperado de <https://www.plant-maintenance.com/articles/KPIs.pdf>
- Wind, A. & Van Harten, W. H. (2017) Benchmarking specialty hospitals, a scoping review on theory and practice. *BMC Health Services Research*, 17:245. <https://doi.org/10.1186/s12913-017-2154-y>
- Yin, R. K. (1994). *Pesquisa Estudo de Caso - Desenho e Métodos* (2 ed.). Porto Alegre: Bookman.
- Zonta, T., Costa, C. A., Righ, R. R., Lima, M. J., Trindade, E. S., da., & Li, G. P. (2020) Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 150, 106889. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106889>

