

Os Pilares da Gestão da Manutenção Industrial e suas Ferramentas

Pedro Henrique De Oliveira Ferreira ¹
Ana Oliveira²

RESUMO

A gestão da manutenção industrial desempenha um papel fundamental na melhoria contínua do setor produtivo, garantindo a eficiência e segurança das máquinas e equipamentos. Os pilares dessa gestão incluem o planejamento e a programação adequados, o monitoramento contínuo do desempenho, a gestão eficiente de ativos, o treinamento e capacitação dos funcionários, e a análise de falhas. Esses pilares são apoiados por ferramentas como sistemas de monitoramento, análise de dados, práticas de gestão de qualidade e ações corretivas. Esse artigo buscou resposta para a seguinte questão: como a gestão da manutenção industrial pode contribuir para a melhoria contínua do setor produtivo de forma dinâmica e segura para as máquinas e equipamentos? O objetivo geral desse artigo foi compreender a importância da gestão da manutenção e suas ferramentas para o setor industrial. Comentar sobre os conceitos da gestão da manutenção industrial e suas ferramentas; apontar as evoluções tecnológicas do setor da manutenção e suas aplicações para melhoria contínua da produção industrial. A metodologia utilizada foi a revisão de literatura, cujos portais de buscas foram: Google Acadêmico, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Repositório Universidade de São Paulo, etc. O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos “5” anos. Em conclusão, os pilares da manutenção industrial são extremamente fundamentais para o setor industrial, trazendo inúmeras contribuições, como: treinamento de funcionários, minimização de falhas de equipamentos, entre outras demonstradas nesse estudo.

Palavras-chave: Gestão De Manutenção. Ciclo PDCA. Manutenção Corretiva. Preventiva Preditiva.

1 INTRODUÇÃO

A gestão de manutenção industrial é uma área fundamental para garantir a eficiência e a confiabilidade dos equipamentos e sistemas utilizados em processos produtivos. Para isso, é necessário estabelecer uma série de pilares que sustentem essa gestão e que sejam capazes de garantir a máxima disponibilidade dos ativos, com o mínimo de custo e interrupção da produção.

¹ Acadêmico(a) do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

² Orientador(a). Docente do curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Anhanguera.

Alguns dos principais pilares da gestão de manutenção industrial incluem o planejamento da manutenção, o gerenciamento de ativos, a gestão da qualidade e o desenvolvimento de pessoas. Esses pilares são interdependentes e precisam trabalhar em conjunto para garantir a excelência na gestão de manutenção.

Neste contexto, é importante que os gestores de manutenção estejam atualizados e capacitados para utilizar as melhores práticas e ferramentas disponíveis, a fim de garantir a eficiência e eficácia da manutenção industrial. A gestão de manutenção industrial é uma área crucial para garantir a eficiência, a produtividade e a confiabilidade dos equipamentos e sistemas utilizados nos processos produtivos de uma indústria. A adoção de uma gestão eficiente de manutenção pode ajudar a minimizar custos, evitar paradas não programadas, prolongar a vida útil dos equipamentos e sistemas, além de garantir a segurança dos trabalhadores envolvidos nas operações industriais.

Para alcançar esses objetivos, é fundamental que a gestão de manutenção se baseie em pilares sólidos, que sustentem as estratégias e técnicas utilizadas. Esses pilares envolvem desde a definição de rotinas de inspeção e manutenção preventiva, até a adoção de técnicas avançadas de manutenção preditiva, análise de falhas e gestão de ativos. Além disso, a gestão de manutenção industrial também deve envolver o desenvolvimento de pessoas, por meio da formação e capacitação dos profissionais envolvidos e da criação de uma cultura organizacional voltada para a excelência e a melhoria contínua.

Esse artigo buscou resposta para a seguinte questão: como a gestão da manutenção industrial pode contribuir para a melhoria contínua do setor produtivo de forma dinâmica e segura para as máquinas e equipamentos?

O objetivo geral desse artigo foi compreender a importância da gestão da manutenção e suas ferramentas para o setor industrial. Comentar sobre os conceitos da gestão da manutenção industrial e suas ferramentas; apontar as evoluções tecnológicas do setor da manutenção e suas aplicações para melhoria contínua da produção industrial.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A metodologia utilizada para realização do projeto de pesquisa foi a revisão de literatura, onde foram pesquisados livros, dissertações e artigos científicos selecionados através de busca nas seguintes bases de dados: Google Acadêmico, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Repositório Universidade de São Paulo, etc.

O período dos artigos pesquisados foram os trabalhos publicados nos últimos "5" anos. As palavras-chave utilizadas na busca serão: gestão de manutenção, ciclo PDCA, manutenção corretiva, preventiva e preditiva.

2.2 Resultados e Discussão

Segundo Oliveira (2018), antes da adoção da gestão de manutenção industrial, a manutenção nas indústrias era realizada de forma reativa, ou seja, as intervenções só eram realizadas após a ocorrência de falhas ou defeitos nos equipamentos. Esse tipo de manutenção, também conhecido como "quebra-corretiva", levava a uma grande perda de tempo e produtividade, já que as paradas não programadas para reparos geravam atrasos na produção e custos adicionais com a substituição de peças danificadas.

De acordo com Barros e Assato (2019), a manutenção antes da gestão de manutenção industrial era realizada de forma empírica, baseada na experiência dos técnicos de manutenção. Não havia uma programação prévia das atividades de manutenção, o que tornava difícil a previsão de custos e a alocação de recursos.

Com o surgimento da gestão de manutenção industrial, segundo Vazquez e Marín (2018), a manutenção passou a ser tratada como um processo organizado e planejado, com o objetivo de maximizar a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, além de minimizar custos e perdas de produção. A gestão de manutenção industrial introduziu conceitos como manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção corretiva planejada, que permitiram a realização de intervenções de forma programada e planejada, evitando a ocorrência de falhas e reduzindo o tempo de parada dos equipamentos.

Com a gestão de manutenção industrial na visão de Al-Najjar e Jawad (2020), as atividades de manutenção passaram a ser planejadas e programadas de forma estratégica, levando em consideração a vida útil dos equipamentos, a necessidade de substituição de peças e a disponibilidade de recursos. A gestão de manutenção

industrial também introduziu sistemas de informação para a coleta e análise de dados, permitindo uma melhor gestão das atividades de manutenção e a tomada de decisões baseadas em informações precisas e atualizadas.

Sendo assim, Chen et al. (2018), classifica a gestão da manutenção como sendo uma atividade fundamental para o setor industrial, pois garante o bom funcionamento dos equipamentos e a segurança dos trabalhadores. Uma gestão eficiente da manutenção permite reduzir os custos operacionais, aumentar a disponibilidade dos equipamentos, prolongar sua vida útil e evitar a ocorrência de acidentes e falhas que podem gerar prejuízos financeiros e colocar em risco a integridade dos trabalhadores.

Na visão de Bianchi e Sorli (2020), uma das ferramentas mais importantes da gestão de manutenção é o planejamento da manutenção preventiva. Com essa ferramenta, é possível programar as atividades de manutenção de forma a evitar a ocorrência de falhas nos equipamentos. O planejamento da manutenção preventiva leva em consideração o histórico de falhas dos equipamentos, as recomendações dos fabricantes e as condições de operação, permitindo que as atividades de manutenção sejam realizadas no momento certo e com o menor impacto possível na produção.

Peters (2014), classifica também outra ferramenta importante da gestão de manutenção é o software de gerenciamento de manutenção. Com esse software, é possível gerenciar as atividades de manutenção de forma mais eficiente, monitorando o desempenho dos equipamentos, programando as atividades de manutenção, registrando as ocorrências de falhas e realizando a análise de causa raiz. O software de gerenciamento de manutenção também permite a geração de relatórios e a análise de indicadores de desempenho, auxiliando na tomada de decisão e na melhoria contínua dos processos de manutenção.

Já na visão de Bonney e Karin (2018), explicita que além dessas ferramentas, a gestão de manutenção também pode se beneficiar do uso de técnicas de manutenção preditiva, como análise de vibração, termografia, ultrassom e análise de óleo. Essas técnicas permitem identificar falhas incipientes nos equipamentos antes que elas ocorram, permitindo que as atividades de manutenção sejam realizadas de forma proativa, com menor impacto na produção.

Paladini e Rodrigues (2021), afirmam que a gestão de manutenção também pode se beneficiar do uso de técnicas de manutenção autônoma, como o TPM (*Total Productive Maintenance*). Com o TPM, os próprios operadores dos equipamentos se

tornam responsáveis pela manutenção básica, como lubrificação, limpeza e ajustes, reduzindo a dependência dos técnicos de manutenção e aumentando a disponibilidade dos equipamentos.

A gestão de manutenção industrial é uma área essencial para garantir a eficiência e a confiabilidade dos equipamentos e sistemas utilizados em processos produtivos, que segundo as afirmações de Chiavenato (2014), existem diversos pilares que sustentam essa gestão e que são fundamentais para o sucesso do processo, classificando assim alguns dos principais pilares da gestão de manutenção industrial, como: planejamento, gerenciamento de ativos, gestão de qualidade, entre outros.

Planejamento da manutenção segundo Hollnagel e Wears (2015), consiste em um conjunto de atividades que visam garantir que a manutenção seja realizada de forma eficiente e eficaz, com a mínima interrupção da produção. Isso envolve a definição de rotinas de inspeção e manutenção preventiva, a programação de manutenções corretivas, o gerenciamento de peças de reposição e a avaliação de riscos.

Gerenciamento de ativos na visão de Bem e Raouf (2016), visa a maximização da vida útil dos equipamentos e sistemas, por meio do uso de estratégias adequadas de manutenção e da monitoração constante de seu desempenho. Isso inclui a definição de indicadores de desempenho e a adoção de técnicas de manutenção preditiva e análise de falhas.

Gestão da qualidade consiste na garantia da conformidade dos equipamentos e sistemas com as normas e especificações técnicas, bem como na busca pela melhoria contínua dos processos de manutenção como afirma Duffuaa e Ashaab (2015).

Já o desenvolvimento de pessoas na visão de Oliveira (2018), envolve a formação e capacitação dos profissionais envolvidos na gestão de manutenção, bem como o estabelecimento de uma cultura organizacional voltada para a excelência e o trabalho em equipe.

Barros e Assato (2019), explicam que esses são apenas alguns dos principais pilares da gestão de manutenção industrial. Há muitas outras técnicas e ferramentas que podem ser utilizadas nesse processo, dependendo do tipo de indústria e dos equipamentos envolvidos. O importante é entender que a gestão de manutenção é

fundamental para a garantia da segurança, qualidade e produtividade dos processos industriais.

Na visão de Vazquez (2018), a gestão de manutenção é uma área fundamental em empresas que dependem de equipamentos, máquinas ou instalações para a produção de bens ou serviços. Essa área é responsável por planejar, coordenar e monitorar as atividades de manutenção, visando maximizar a disponibilidade dos ativos, prolongar sua vida útil e minimizar custos.

De acordo com Al-Najjar e Jawad (2020), explica que existem diversas estratégias e técnicas que podem ser empregadas na gestão de manutenção, e a escolha depende das características dos ativos e do tipo de operação da empresa. Alguns exemplos incluem: manutenção preventiva, manutenção corretiva, manutenção preditiva, detectiva entre outras, que possibilitam sucesso na área da gestão de manutenção.

Chen et al. (2018), explica que a manutenção preventiva - a manutenção preventiva consiste na realização de atividades de manutenção de forma programada, com o objetivo de evitar falhas e prolongar a vida útil dos equipamentos. A partir da análise do histórico de manutenção, é possível identificar oportunidades de melhoria nas atividades de manutenção preventiva, como a revisão dos planos de manutenção e a utilização de técnicas mais avançadas de manutenção preditiva.

Com isso, a manutenção corretiva, na visão de Biachini e Sorli (2020), é uma estratégia que envolve a correção de falhas que já ocorreram nos ativos, com o objetivo de restabelecer sua funcionalidade, como exemplo, atribui a substituição de um pneu furado em um carro.

Já manutenção preditiva na visão de Peters (2014), se trata de estratégias que se envolvem no uso de técnicas de monitoramento e análise de dados para identificar sinais de desgaste ou falhas iminentes nos ativos, permitindo que a manutenção seja realizada antes que ocorra uma falha. Um exemplo é o monitoramento de vibração em um motor para detectar sinais de desgaste em rolamentos.

Ainda sobre os conceitos de manutenção preditiva, se destaca os conceitos de Bonney e Karin (2018), como sendo uma ação que se baseia no monitoramento contínuo de equipamentos e sistemas para detectar possíveis falhas antes que elas ocorram. Ela utiliza técnicas de análise de dados e tecnologia avançada para prever o momento em que uma manutenção será necessária, permitindo que as equipes de

manutenção planejem com antecedência as ações necessárias para garantir a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos.

Paladini e Rodrigues (2021), explicam que as aplicações da manutenção preditiva são variadas e podem ser encontradas em diversos setores, como o industrial, o de transportes e o de energia, entre outros. Na indústria, por exemplo, a manutenção preditiva pode ser utilizada em máquinas, equipamentos e sistemas críticos para evitar paradas não programadas e aumentar a eficiência da produção.

Como exemplo, Hollnagel e Wears (2015), afirmam que no setor de transportes, a manutenção preditiva pode ser utilizada para monitorar o estado de trens, aviões e ônibus, garantindo a segurança dos passageiros e evitando interrupções no serviço. Na área de energia, a manutenção preditiva pode ser usada em turbinas eólicas, painéis solares e outras fontes de energia renovável para maximizar a produção de energia e prolongar a vida útil dos equipamentos.

Segundo Oliveira (2018), com o avanço da tecnologia, a manutenção preditiva tem se aprimorado cada vez mais, permitindo uma análise mais precisa e eficiente dos dados coletados. A Internet das Coisas (IoT), por exemplo, tem permitido a instalação de sensores em equipamentos e máquinas, possibilitando o monitoramento em tempo real e a detecção imediata de possíveis problemas.

De acordo com Chen et al. (2018), o uso de inteligência artificial e aprendizado de máquina tem permitido que os dados coletados sejam analisados de forma mais rápida e precisa, permitindo uma tomada de decisão mais ágil e eficiente por parte das equipes de manutenção.

Na visão de Biachini e Sorli (2020), a manutenção detectiva: essa estratégia envolve a detecção de falhas que ainda não afetaram a funcionalidade dos ativos, mas que podem levar a falhas futuras se não forem corrigidas. Um exemplo é a detecção de vazamentos em um sistema hidráulico antes que a perda de fluido cause danos ao equipamento.

Na visão de Barros e Assato (2019), a manutenção detectiva é um tipo de manutenção que se concentra em detectar falhas ou defeitos nos equipamentos e máquinas antes que eles causem uma parada não programada ou outros problemas operacionais. Diferentemente da manutenção preventiva, que se concentra na realização de atividades de manutenção programadas, a manutenção detectiva é baseada na monitorização constante dos equipamentos para detectar possíveis falhas e defeitos.

Os principais recursos utilizados na manutenção detectiva na visão de Oliveira (2018), são os sensores e sistemas de monitorização de equipamentos. Os sensores são dispositivos instalados nos equipamentos para medir e coletar dados em tempo real, como temperatura, vibração, pressão, fluxo, entre outros. Esses dados são então enviados para sistemas de monitorização de equipamentos, que processam e analisam esses dados usando algoritmos de aprendizado de máquina e outras técnicas de análise de dados.

Peters (2014), aponta que os sistemas de monitorização de equipamentos utilizados na manutenção detectiva podem incluir sistemas SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), sistemas de gerenciamento de ativos e sistemas de manutenção assistida por computador (CMMS). Esses sistemas permitem que os técnicos de manutenção monitorem em tempo real o desempenho dos equipamentos, identifiquem possíveis falhas e defeitos e tomem medidas para corrigi-los antes que causem problemas operacionais.

Segundo Vazquez e Marin (2018), outro recurso importante na manutenção detectiva é a análise de dados. Com a grande quantidade de dados coletados pelos sensores e sistemas de monitorização de equipamentos, é essencial contar com ferramentas de análise de dados avançadas para identificar padrões e tendências e prever possíveis falhas e defeitos nos equipamentos. A análise de dados também permite que os técnicos de manutenção identifiquem oportunidades de otimização do desempenho dos equipamentos e redução dos custos operacionais.

Na gestão de manutenção, segundo Hollnagel e Wears (2015), também pode envolver o uso de tecnologias avançadas, como sensores, sistemas de monitoramento remoto e análise de dados em tempo real. Essas tecnologias permitem uma gestão mais eficiente e preditiva dos ativos, reduzindo o tempo de parada não programada e aumentando a disponibilidade dos equipamentos.

Chen et al. (2018), aponta que sistemas de gestão da manutenção (CMMS): esses sistemas permitem o registro e monitoramento de todas as atividades de manutenção, desde a programação das intervenções até a análise dos resultados. Com um CMMS, é possível gerenciar o histórico dos ativos, o inventário de peças e equipamentos, as ordens de serviço e as atividades de manutenção preventiva e corretiva.

Segundo Vazquez e Marin (2018), a Internet das Coisas (IoT): a IoT permite o monitoramento em tempo real dos ativos, através de sensores e dispositivos

conectados à internet. Com a IoT, é possível coletar dados de desempenho, condições ambientais e uso dos equipamentos, permitindo uma gestão mais preditiva da manutenção.

Peters (2014), aponta a análise de dados (*Big Data e Analytics*) permite a identificação de padrões e tendências no desempenho dos ativos, permitindo a realização de manutenção preditiva. Com técnicas de análise de dados, é possível detectar problemas antes que eles se tornem críticos, reduzindo o tempo de parada e aumentando a disponibilidade dos equipamentos.

A Realidade aumentada e virtual (AR/VR) essas tecnologias permitem o treinamento e suporte remoto aos técnicos de manutenção, através da visualização de informações e orientações em tempo real. Com a AR/VR, é possível reduzir o tempo de treinamento e melhorar a eficiência das atividades de manutenção, como afirma Peters (2014).

A inteligência artificial (IA), pode ser usada para prever falhas nos ativos e recomendar ações de manutenção. Com técnicas de *machine learning*, é possível treinar modelos preditivos que identificam sinais de falhas nos ativos com antecedência, permitindo a programação de atividades de manutenção antes que ocorram falhas críticas. Na visão de Biachini e Sorli (2020), essas tecnologias estão mudando a forma como as empresas gerenciam a manutenção de seus ativos, permitindo uma gestão mais eficiente, preditiva e proativa dos equipamentos industriais.

Segundo Oliveira (2018), a IoT (Internet das Coisas) tem sido amplamente adotada na gestão de manutenção industrial, pois permite monitorar em tempo real o desempenho dos equipamentos e detectar falhas antes que ocorram. A IoT pode ser usada em conjunto com outras tecnologias, como sensores, dispositivos conectados e sistemas de análise de dados, para criar um sistema integrado de gestão de manutenção preditiva.

Na visão de Barros e Assato (2019), os sensores são uma das principais tecnologias da IoT usadas na gestão de manutenção industrial. Eles são instalados em equipamentos e máquinas para coletar dados de desempenho em tempo real, incluindo temperatura, vibração, pressão, fluxo, nível de fluidos, entre outros. Esses dados são transmitidos para um sistema central, que os processa e analisa usando algoritmos de aprendizado de máquina e outros métodos de análise de dados.

Segundo Vazquez e Marin (2018), com a IoT, é possível identificar padrões de desempenho dos equipamentos e detectar sinais de falha antes que ocorram. Esses dados podem ser usados para programar atividades de manutenção preventiva e corretiva, evitando paradas não programadas e prolongando a vida útil dos equipamentos. Além disso, a IoT também permite a gestão remota dos equipamentos, facilitando a tomada de decisões e reduzindo os custos de manutenção.

Chen et al. (2018), outra aplicação da IoT na gestão de manutenção industrial é o uso de dispositivos conectados e wearables pelos técnicos de manutenção. Esses dispositivos podem fornecer informações em tempo real sobre os equipamentos, permitindo que os técnicos tomem decisões mais informadas e efetuem reparos mais rapidamente. Além disso, os wearables podem ser usados para treinar os técnicos em novos equipamentos e técnicas de manutenção, melhorando a eficiência e reduzindo o tempo de inatividade.

Ainda sobre os *wearables*, Paladini e Rodrigues (2021), apontam que são dispositivos vestíveis que são utilizados para coletar e enviar dados de forma prática e precisa. Eles têm sido cada vez mais utilizados na gestão de manutenção industrial, pois permitem que os técnicos de manutenção tenham acesso a informações importantes e em tempo real durante a realização das atividades de manutenção.

Para um exemplo de uso de *wearables* na gestão de manutenção, Bonney e Karin (2018), afirmam que é o uso de *smartwatches*. Com um smartwatch, os técnicos de manutenção podem ter acesso a informações importantes sobre os equipamentos, tais como a sua disponibilidade, as atividades de manutenção programadas e o histórico de manutenção. Além disso, os *smartwatches* podem ser utilizados para receber notificações de alertas de manutenção, permitindo que os técnicos possam agir de forma proativa antes que ocorra uma falha.

Oliveira et al. (2018), apontam outro exemplo de uso de *wearables* na gestão de manutenção são os óculos de realidade aumentada. Com esses dispositivos, os técnicos de manutenção podem ter acesso a informações importantes sobre os equipamentos, tais como as instruções de manutenção, desenhos técnicos e informações de peças. Além disso, os óculos de realidade aumentada permitem que os técnicos possam trabalhar com as mãos livres, aumentando a eficiência e a segurança durante a realização das atividades de manutenção.

De acordo com Bem e Raouf (2016), os dispositivos vestíveis também podem ser utilizados para monitorar a saúde e a segurança dos técnicos de manutenção. Por

exemplo, sensores em pulseiras ou coletes podem ser utilizados para monitorar a temperatura corporal, a frequência cardíaca e os níveis de estresse dos técnicos de manutenção durante a realização das atividades de manutenção. Essas informações podem ser utilizadas para garantir que os técnicos estejam trabalhando em um ambiente seguro e saudável.

Barros e Assato (2019), explicam que a melhoria contínua: a melhoria contínua é um pilar fundamental da gestão de manutenção industrial. É necessário buscar constantemente aperfeiçoar os processos de manutenção, identificando oportunidades de melhoria e implementando soluções eficazes. A melhoria contínua permite a otimização dos recursos, a redução de custos e a maximização da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos.

Existem vários tipos de softwares de gestão de manutenção industrial disponíveis no mercado, cada um com suas próprias funcionalidades e características. A seguir, serão apresentados alguns dos principais tipos de softwares de gestão de manutenção: CMMS, EAM, APM, MRP, entre outros (HOLLNAGEL; WEARS, 2015).

CMMS (*Computerized Maintenance Management System*), é um software que permite a gestão de todas as atividades de manutenção, incluindo a programação de ordens de serviço, controle de estoque de peças e componentes, registro de histórico de manutenção e geração de relatórios. O CMMS pode ser integrado com outros sistemas de gestão, como o ERP (*Enterprise Resource Planning*), permitindo a automatização dos processos de manutenção, como explica Peters (2014).

De acordo com Bonney e Karin (2018), o EAM (*Enterprise Asset Management*), é um software que permite a gestão completa do ciclo de vida dos equipamentos, desde a aquisição até a baixa. O EAM permite a gestão de informações como dados técnicos, histórico de manutenção, custos de manutenção e vida útil dos equipamentos, auxiliando na tomada de decisão e na melhoria contínua dos processos de manutenção.

Quanto ao APM (*Asset Performance Management*), Bem e Raouf (2016), explicam que se trata de um software que utiliza técnicas de manutenção preditiva para monitorar o desempenho dos equipamentos e identificar falhas incipientes antes que elas ocorram. O APM utiliza técnicas como análise de vibração, termografia e ultrassom para identificar falhas nos equipamentos, permitindo que as atividades de manutenção sejam realizadas de forma proativa, com menor impacto na produção.

Segundo Oliveira (2018), MRP (Material Requirements Planning) - é um software que permite a gestão do estoque de peças e componentes utilizados na manutenção. O MRP utiliza técnicas de previsão de demanda para determinar a quantidade ideal de cada item a ser mantido em estoque, garantindo que as peças e componentes necessários para a manutenção estejam sempre disponíveis.

Al-Najjar e Jawad (2020), apontam o MES (*Manufacturing Execution System*) sendo um software que permite a integração dos processos de manutenção com os processos de produção. O MES permite o monitoramento em tempo real do desempenho dos equipamentos, permitindo a identificação de falhas e a tomada de decisão de forma mais rápida e eficiente.

Chen et al. (2018), OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), é um *software* que permite o monitoramento do desempenho dos equipamentos em termos de disponibilidade, desempenho e qualidade. O OEE permite a identificação de oportunidades de melhoria nos processos de manutenção e produção, auxiliando na tomada de decisão e na melhoria contínua dos processos.

Existem vários tipos de *softwares* de gestão de manutenção industrial disponíveis no mercado, cada um com suas próprias funcionalidades e características. A escolha do software ideal depende das necessidades específicas de cada empresa e dos objetivos a serem alcançados com a gestão da manutenção, como afirma Chiavenato (2014).

Nesse sentido, a melhoria contínua, de acordo com Peters (2014), é uma prática fundamental na gestão de manutenção industrial, uma vez que permite identificar oportunidades de aprimoramento nos processos e garantir a excelência operacional.

De acordo com, Vazquez e Marin (2018), a análise de falhas é uma técnica utilizada para identificar as causas raízes das falhas que ocorrem nos equipamentos. A partir dessa análise, é possível identificar oportunidades de melhoria nos processos de manutenção e garantir ações corretivas mais eficientes. Por exemplo, se uma falha recorrente em um equipamento é causada por falta de lubrificação, pode ser implementado um plano de lubrificação mais eficiente, com maior frequência de lubrificação ou utilização de lubrificantes de melhor qualidade.

Na visão de Biachini e Sorli (2020), a padronização de processos é uma prática fundamental na gestão de manutenção, uma vez que garante a uniformidade nas atividades de manutenção e facilita a identificação de oportunidades de melhoria. Por

exemplo, a utilização de *checklists* padronizados para a execução das atividades de manutenção garante que todos os equipamentos sejam inspecionados de forma consistente, permitindo a identificação de problemas de forma mais rápida e eficiente.

A gestão da manutenção industrial desempenha um papel crucial na melhoria contínua do setor produtivo, garantindo a operação eficiente e segura das máquinas e equipamentos. Entretanto o planejamento e programação adequados, que envolve o desenvolvimento de planos de manutenção preventiva e preditiva, bem como a programação de atividades de manutenção de acordo com as necessidades do equipamento, contribuindo em ajudar a evitar falhas não programadas e minimiza o tempo de inatividade não planejado (OLIVEIRA, 2018).

Monitoramento contínuo do desempenho, como uso de sensores e análise de dados em tempo real, permite que a gestão da manutenção identifique problemas ou tendências de desempenho anormal em máquinas e equipamentos. Com base nessas informações, ações corretivas podem ser tomadas antecipadamente, reduzindo o risco de falhas catastróficas e aumentando a segurança operacional Chen et al. (2018).

Cabe ressaltar também que a gestão da manutenção industrial desempenha um papel importante na gestão de ativos ao longo de seu ciclo de vida. Isso envolve a coleta de dados sobre o desempenho e a vida útil dos equipamentos, permitindo uma melhor tomada de decisão em relação a reparos, substituições ou melhorias. Uma gestão eficiente de ativos contribui para a otimização dos recursos, redução de custos e aumento da confiabilidade das máquinas (BIACHINI; SORLI, 2020),

Treinamento e capacitação dos funcionários devem garantir que os funcionários responsáveis pela operação e manutenção das máquinas sejam devidamente treinados e capacitados. Isso inclui conhecimento sobre práticas de segurança, procedimentos operacionais padrão, diagnóstico de problemas e técnicas de manutenção adequadas. Contribuindo com os funcionários bem treinados têm maior probabilidade de identificar e resolver problemas de forma rápida e segura, evitando agravamento dos danos e melhorando a eficiência operacional (BARROS; ASSATO, 2019).

Análise de falhas e melhoria contínua contribui de forma significativa em realizar análises detalhadas de falhas e investigar as causas subjacentes. Essas análises ajudam a identificar padrões de falhas recorrentes e permitem a implementação de ações corretivas eficazes para prevenir problemas futuros. A

melhoria contínua é alcançada por meio da análise dos dados de manutenção, feedback dos operadores e aplicação de práticas de gestão de qualidade, como o ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) (OLIVEIRA, 2018).

3 CONCLUSÃO

A gestão da manutenção industrial é essencial para garantir a eficiência, a segurança e a confiabilidade das máquinas e equipamentos no setor produtivo. Os pilares da gestão da manutenção, aliados às ferramentas adequadas, desempenham um papel fundamental na melhoria contínua desse setor.

O planejamento e a programação adequados das atividades de manutenção permitem evitar falhas não programadas e minimizar o tempo de inatividade não planejado, aumentando a produtividade geral. O monitoramento contínuo do desempenho das máquinas e equipamentos, por meio de sistemas de monitoramento e análise de dados em tempo real, possibilita a identificação precoce de problemas e a tomada de ações corretivas, contribuindo para a segurança operacional.

A gestão eficiente de ativos, baseada na coleta de dados sobre o desempenho e a vida útil dos equipamentos, otimiza os recursos, reduz custos e aumenta a confiabilidade das máquinas. O treinamento e a capacitação dos funcionários, em relação às práticas de segurança, procedimentos operacionais e técnicas de manutenção adequadas, promovem a identificação e a resolução rápida e segura de problemas.

Foram alcançados todos os objetivos propostos por esse artigo, trazendo ainda mais conhecimentos na área da engenharia mecânica, aumentando também a compreensão sobre a importância da gestão da manutenção e suas ferramentas para o setor industrial.

Em resposta ao problema de pesquisa, A gestão da manutenção industrial desempenha um papel fundamental na melhoria contínua do setor produtivo, garantindo o desempenho adequado das máquinas e equipamentos de forma dinâmica e segura. Entretanto algumas maneiras pelas quais a gestão da manutenção pode contribuir para essa melhoria; planejamento de manutenção; monitoramento de desempenho; manutenção preditiva; treinamento e capacitação.

REFERÊNCIAS

AL-NAJJAR, B., & JAWAD, B. *Maintenance management and improvement*. 2020. ***Journal of Engineering Research and Reports***, 11(1), 1-14.

BARROS, A. A. V., & ASSATO, M. S. *A review of maintenance management Elements, concepts and research trends*. 2019. ***Journal of Quality in Maintenance Engineering***, 25(2), 282-305.

BEN-DAYA, M., & Raouf, A. ***Maintenance management in networked industrial systems***. 2016. Springer.

BIANCHI, G., & SORLI, M. *The role of maintenance in Industry 4.0*. 2020. International ***Journal of Production Research***, 58(6), 1693-1709.

BONNEY, M. C., & KARIM, R. *The impact of maintenance management practices on the performance of small and medium-sized manufacturing enterprises*. 2018. ***International Journal of Production Economics***, 198, 30-40.

CHEN, L., ZHOU, Y., & LIU, H. ***A review of intelligent maintenance systems for industry 4.0***. 2018. *Engineering*, 4(5), 708-716.

CHIAVENATO, Idalberto. ***Gestão de Pessoas: Modelos, Processos, Tendências e Perspectivas***. Elsevier, 2014.

DUFFUAA, S. O., AL-ASHAAB, A., & Raouf, A. ***Maintenance engineering handbook***. 2017. Springer.

HOLLNAGEL, E., & WEARS, R. L. ***IOT. Resilient health care***. 2015. Ashgate Publishing, Ltda.

OLIVEIRA, Djalma de. ***Gestão de Manutenção - Planejamento e Controle***. Atlas, 2018.

PALADINI, Edson; RODRIGUES, Paulo Cesar C. ***Gestão da Qualidade: Teoria e Prática***. Atlas, 2021.

PETERS, Ralph W. "Pete". ***Gerenciamento de Ativos - Uma abordagem empresarial***. Bookman, 2014.

VÁZQUEZ, D., Campos, J.; Marín, A. (2018). *Maintenance management practices and their impact on the efficiency and effectiveness of the maintenance function*. ***Journal of Cleaner Production***, 182, 1044-1054.