

A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO

ANA CAROLINA TEDESCHI GOMES ABRANTES¹, JOSIANE DE ARAUJO LAURENTINO TRINDADE², LÍGIA FERNANDA KAEFER MANGINI³ e DOUGLAS SOARES AGOSTINHO⁴

¹ Dr. em Engenharia e Ciência dos Materiais, Coordenadora do CST em Processos Químico, UNINTER, Curitiba-PR, ana.ab@uninter.com;

² Engenheira de Produção, UNINTER, Curitiba-PR, josiane.t@uninter.com;

³ Dr. em Engenharia e Ciência dos Materiais, Umuarama-PR, lmangini@gmail.com;

⁴ Me. em Engenharia de Produção, Coordenador dos Cursos de Bacharelado em Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica, UNINTER, Curitiba-PR, douglas.a@uninter.com.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
7 a 10 de outubro de 2024

RESUMO: Devido ao aumento da concorrência e à exigência do mercado, as empresas estão cada vez mais focadas na melhoria de seus processos. Neste contexto, a integração da tecnologia com um sistema de gestão da manutenção eficiente é essencial para a sobrevivência de qualquer organização, pois reduz o custo por equipamentos e maquinário parado e danificado, aumenta a produtividade, a qualidade e, conseqüentemente, o lucro da organização. O objetivo geral deste artigo é demonstrar como a inteligência artificial está sendo aplicada nos processos de gestão da manutenção de ativos. Neste trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica sobre os principais tipos de manutenção, a indústria 4.0, inteligência artificial e como as organizações estão utilizando essas tecnologias na gestão da manutenção. Ao explorar os estudos de casos apresentados, foi possível observar que a inteligência artificial e suas ferramentas, principalmente o *machine learning*, destacam-se na manutenção preditiva e prescritiva trazendo grandes contribuições para gestão da manutenção, como: alto índice de precisão e previsão de vida útil e detecção antecipada de possíveis falhas em máquinas e equipamentos, confiabilidade na análise dos dados obtidos, redução de tempo de inatividade de linhas de produção e máquinas devido às falhas, e auxiliando nas tomadas de decisões.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão da manutenção; Indústria 4.0; Inteligência artificial e *Machine learning*.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLIED IN MAINTENANCE MANAGEMENT

ABSTRACT: Due to increased competition and market demands, companies are increasingly focused on improving their processes. In this context, the integration of technology with an efficient maintenance management system is essential for the survival of any organization, as it reduces costs associated with idle and damaged equipment and machinery, increases productivity and quality, and consequently, the organization's profit. The general objective of this article is to demonstrate how artificial intelligence is being applied in asset maintenance management processes. In this work, a literature review was conducted on the main types of maintenance, Industry 4.0, artificial intelligence, and how organizations are using these technologies in maintenance management. By exploring the case studies presented, it was possible to observe that artificial intelligence and its tools, especially machine learning, stand out in predictive and prescriptive maintenance, bringing significant contributions to maintenance management, such as high accuracy in predicting useful life and early detection of potential faults in machines and equipment, reliability in the analysis of obtained data, reduction of downtime in production lines and machines due to failures, and assistance in decision-making.

KEYWORDS: Maintenance Management; Industry 4.0; Artificial Intelligence and Machine Learning.

INTRODUÇÃO

Em ambientes cada vez mais competitivos é de extrema importância às organizações adotarem técnicas e tecnologias inovadoras para auxiliar na otimização da produtividade, melhorando a qualidade, reduzindo custo, aumentando o lucro e, conseqüentemente, suprindo as necessidades e exigências do consumidor (OLIVEIRA, 2022).

Para manter uma organização funcionando, necessitam-se planejamentos, estratégias, táticas e uma correta utilização das ferramentas de gestão da manutenção de ativos. Desta forma, a eficiência do sistema de gestão da manutenção torna-se essencial para a sobrevivência das organizações de qualquer porte e natureza. Planos de manutenção bem desenvolvidos permitem que os equipamentos supram as necessidades organizacionais, sem quebras ou paradas programadas, elevando o nível de produtividade com custo e qualidade desejados (SELEME, 2015).

Neste cenário, o investimento de inteligência artificial nas ferramentas de gestão da manutenção é essencial para aumentar a confiabilidade, eficiência e produtividade dos processos (MARTINS, 2022). A integração das tecnologias de inteligência artificial, *machine learning* e internet das coisas, na gestão da manutenção, em especial, na manutenção prescritiva, permite tomar decisões mais assertivas através de uma análise avançada dos dados, pois juntas desenvolvem tarefas que somente a inteligência humana seria capaz de realizar como: resolver problemas, tomar decisões, reconhecer padrões, apreender, prever eventos e outras diversas situações envolvendo tarefas simples e complexas (MACHADO *et al.* 2023). Diante disso, visando à importância e eficiência das tecnologias avançadas na gestão de manutenção de ativos, levantou-se a seguinte pergunta: Como as organizações estão aplicando a inteligência artificial nos processos de gestão da manutenção?

Desta forma, o objetivo geral da pesquisa é analisar como as organizações estão utilizando a inteligência artificial e suas tecnologias integradas ao sistema de gestão da manutenção.

Neste contexto, serão abordados os seguintes objetivos específicos: (i) apresentar a evolução da gestão da manutenção ao longo dos anos; (ii) descrever os principais tipos de manutenção; (iii) conceituar inteligência artificial e suas tecnologias.

O intuito deste artigo é trazer informações relevantes para organizações, dos mais variados segmentos de como otimizar os processos produtivos através da redução de paradas não programadas de máquinas e equipamentos, identificar com antecedência as possíveis falhas e gargalos e processar volumes massivos de dados para tomadas de decisões mais assertivas com o uso da inteligência artificial na gestão da manutenção.

MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa tem natureza básica, pois busca desenvolver maiores conhecimentos através da literatura e de referenciais teóricos. Para a abordagem do problema serão utilizados dados qualitativos, fundamentados nos estudos bibliográficos sobre a utilização da inteligência artificial na gestão da manutenção.

Tem o objetivo exploratório, pois busca agregar maior conhecimento sobre os principais tipos de manutenção, a indústria 4.0, a inteligência artificial e suas tecnologias e como essas tecnologias estão sendo utilizadas na gestão da manutenção. Quanto ao procedimento técnico empregado, trata-se de uma revisão bibliográfica.

Neste contexto, MEDEIROS e SVIERCOSKI (2020, p.172) descreve: “A pesquisa bibliográfica constitui uma ação permanente, desde a revisão teórica realizada na pesquisa até a análise dos dados. Ela fundamenta o texto e aponta outras análises realizadas, as quais vão embasar o conteúdo proposto”. A pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de materiais já existentes, ou seja, já elaborados e é constituído principalmente de livros e artigos científicos (MEDEIROS e SVIERCOSKI, 2020).

Desta forma, o objetivo desta revisão bibliográfica foi de analisar, observar, pesquisar e coletar dados e informações na literatura e em estudos já publicados de como as organizações utilizam a inteligência artificial e suas tecnologias na gestão da manutenção.

Para a elaboração deste estudo foram consultadas obras, como: artigos científicos, trabalhos acadêmicos, revistas, anais de congressos e livros. Foram considerados, para as obras, um período máximo de cinco anos de publicação e acessados pelo google acadêmico, com exceção aos livros.

As palavras chaves utilizadas para realizar as pesquisas dos artigos, foram: Gestão da manutenção; Indústria 4.0; Inteligência artificial e *machine learning*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos das análises bibliográficas, descrevendo as principais formas de aplicação da inteligência artificial na gestão da manutenção.

Entre os estudos selecionados, foi analisado o trabalho científico de BARBOSA (2023), onde o autor apresentou uma revisão teórica sobre os conceitos de manutenção, inteligência artificial, *machine learning*, lubrificantes e energias renováveis. O objetivo do estudo foi aplicar a inteligência artificial em um conjunto de dados disponibilizado pelo laboratório (vestas) de diferentes turbinas eólicas, com o intuito de desenvolver algoritmos para detectar com antecedência turbinas que necessitam de manutenção e assim poder antecipar a prevenção de falhas. As etapas que foram realizadas para a implementação da inteligência artificial na manutenção preditiva com a utilização de algoritmos de *machine learning*, desde a coleta de dados até conclusão e obtenção dos resultados, são: Sensores IoT → Base de Dados → Relatórios das amostras de óleo → Dados FTIR → Dados de Treino → *Machine Learning* → Modelo Preditivo → Predição da condição do ativo.

Dentre os diversos tipos de algoritmos testados, foi utilizado o modelo rede neural densa que é um tipo de algoritmo de *machine learning* que trabalha e aprendem com grande volume de dados complexos e de alta dimensão, todas as camadas de neurônios são totalmente conectadas entre si. O modelo desenvolvido pelo autor consiste em classificar as amostras em boas ou más, foi utilizado para validação um conjunto com 20 exemplos, depois de aplicados os testes de verificação na matriz de confusão e calculado as métricas para avaliar o desempenho do modelo, obteve-se: 67% de acurácia; 50% de precisão; 80% de sensibilidade e 61,5% de F1 score. Após o cruzamento dos dados do laboratório (vestas) com os resultados obtidos, a eficiência do modelo foi validada como um indicador confiável, podendo fornecer uma avaliação precisa das turbinas em relação ao FTIR (Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier) do óleo. Logo, o autor concluiu que a inteligência artificial aplicada à manutenção preditiva traz grandes benefícios para a gestão da manutenção, auxiliando nas tomadas de decisões e a na execução de manutenções de uma forma mais eficiente (BARBOSA, 2023).

Também foi analisada a bibliografia de MATOS (2021), onde o objetivo do autor além de entender os conceitos de *machine learning* e a aplicabilidade na gestão de ativos industriais, foi estipular a previsão de vida útil de uma frota de motores de mesmo modelo e analisar quantos ciclos de vida útil faltam até ocorrer a falha desses motores, baseando se no ambiente de trabalho e nos dados detectados por sensores, para a realização do estudo utilizou o *dataset*, um conjunto de dados existente em um repositório para prognósticos da NASA. Segundo o autor, a inteligência artificial pode ser definida como a ciência que tornam as máquinas capazes de realizar tarefas de seres humanos, enquanto o *machine learning* é um campo da inteligência artificial que treinam as máquinas para aprender através de dados. Logo, o desenvolvimento do estudo ocorreu primeiramente realizando o tratamento dos dados obtidos do *dataset*, onde os dados coletados pelos sensores foram incluídos e organizados em um ficheiro de texto, em seguida foi realizado a uniformização dos dados, após a eliminação de dados irrelevantes para permitir um processamento mais leve e rápido. Em seguida foi aplicado e testado dois algoritmos de *machine learning* para realizar a previsão de tempo de vida útil restantes dos motores, sendo o algoritmo de regressão linear que é um método simples e eficaz para prever respostas baseadas em uma única característica e o algoritmo de classificação SVM (*Support Vector Machines*) que é um algoritmo complexo no qual utiliza hiperplanos para delinear diversas classes, esse algoritmo foi utilizado para prever o RUL (tempo de vida útil restante) dos motores, com o objetivo de tomar uma ação antecipada como executar manutenção ou substituição do motor antes da falha acontecer; após a definição das classes para a aplicação dos algoritmos, o autor utilizou o software Matlab para a aplicação do SVM e realização de teste da matriz de confusão para avaliação do desempenho do algoritmo, após a inserção da matriz de confusão na matriz de custo, o algoritmo resultou em 92% de precisão na previsão de motores com tempo de vida útil restante abaixo de 50

ciclos, sendo um resultado bem positivo e que pode ser melhorado à medida que o algoritmo é alimentado com mais dados.

Outro trabalho analisado foi o estudo de caso de ZARO e WEBBER (2022) o estudo apresenta o contexto da indústria 4.0, que pode ser representada pela automação industrial e a integração das tecnologias com a inteligência artificial, robótica, computação em nuvem e internet das coisas. Também abordou os conceitos de manutenção preventiva e preditiva e a manutenção preditiva na indústria da manufatura. Este estudo teve como objetivo realizar análises e prevenção de falhas em equipamentos que operam com vibração utilizando a manutenção preditiva e as ferramentas de computação em nuvem e internet das coisas (IoT) para coleta e análise de dados. O equipamento do estudo em específico é uma espiraladeira, responsável pelo processo de realização de tranças de fio de nylon em mangueiras de jardim, por trabalhar com rotações acima de 1500 RPM acaba gerando um desbalanceamento e consequentemente vibrações na máquina e consequentemente inatividade da linha por motivo de falha. O projeto foi desenvolvido com a instalação de dois sensores de vibração para coletar dados como: v-RMS (valor efetivo da velocidade de vibração), a-RMS (valor efetivo de aceleração), a-Peak (é responsável por controlar o valor máximo da aceleração) e o valor de crista (valor característico na análise de sinal), os dados foram coletados através da tecnologia integrada aos sensores que possuem conexões através da IoT, após a coleta, os dados foram armazenados na nuvem por intermédio da plataforma Siemens MindSphere e analisados pelo aplicativo Easy Dash, os dados foram monitorados por um período de 60 dias, após todos os dados foram armazenados na nuvem e apresentados em dashboard, estabelecidos os valores limites de todos os parâmetros para emissão de alertas de falhas e realização dos teste, foi possível reduzir o tempo de inatividade da linha de produção por motivos de falha em 23% e R\$11.222,00/ano de parada de linhas. Logo a implantação do sistema, utilizando os conceitos de *machine learning* na manutenção preditiva foi essencial para redução de tempo de parada da linha.

O estudo de MARCHI, *et. al* (2021) também foi verificado para análise dos resultados, o trabalho apresentou uma revisão bibliográfica sobre os temas de manutenção, indústria 4.0 e manutenção preditiva na indústria 4.0, abordando inteligência artificial e suas tecnologias. O objetivo do trabalho foi analisar os benefícios e limitações da utilização de sensores e sistemas de IoT em equipamentos e instalações e compreender como as tecnologias da indústria 4.0 podem auxiliar na confiabilidade e otimização da manutenção. A 1ª fase do estudo foi analisar os sistemas de monitoramento da Semeq (empresa de tecnologia) e a 2ª fase a implantação desse sistema nos motores das bombas da torre de resfriamento de uma Universidade; foram aplicados sensores para análise de vibração e temperatura para realização da captura de dados e *gateway* para integração entre os dados e a nuvem, após a análise dos dados a empresa Semeq disponibiliza no portal um painel de *dashboard* com alertas de falhas e intervenções necessárias, fazendo toda a monitorização da manutenção preditiva dessas bombas. Em um mês de implantação foi possível detectar a falha e realizar a intervenção com antecedência em uma das bombas no qual estava apresentando vibração por falha proveniente de folga rotativa no rolamento em aceleração, evitando assim parada não programa e prejuízo para instituição. Logo a manutenção preditiva com o uso das tecnologias se tornam essencial para organização, pois a bomba de resfriamento é responsável pelo controle de temperatura das salas de laboratórios com máquinas e computadores que necessitam estar com a temperatura controlada.

Após analisar os resultados obtidos dos trabalhos científicos, foi possível verificar a importância da integração das tecnologias ao sistema de gestão da manutenção, a inteligência artificial juntamente com *machine learning*, internet das coisas, computação em nuvem e o banco de dados são tecnologias muito utilizadas pelas organizações na manutenção preditiva e prescritiva e trazem grandes benefícios como: previsão de falhas, auxilia em tomadas de decisões desde problemas mais complexos e simples, otimização de tempo, produtividade, redução de custo em manutenções, além de aprender autonomamente com a análise de dados.

CONCLUSÃO

Conforme apresentado, a gestão da manutenção é responsável por garantir a disponibilidade e confiabilidade de máquinas e equipamentos, desempenhando um papel crucial para organização. Desta

forma, a inatividade por falha ou quebra pode acarretar graves prejuízos para organização. A inteligência pode ser representada como a ciência que torna as máquinas capazes de realizar tarefas semelhantes ao ser humano e o *machine learning* como o campo da IA que treinam as máquinas através de algoritmos.

O objetivo geral da pesquisa era analisar como as organizações estão utilizando a inteligência artificial e suas tecnologias integradas ao sistema de gestão da manutenção. Logo, foi possível analisar que a integração da inteligência artificial e suas tecnologias na gestão da manutenção acontecem, principalmente, nas manutenções preditiva e prescritiva, onde os dados são coletados através de sensores, a IoT é responsável pela conexão dos dados com o sistema, os dados são armazenados em nuvem, após é realizado a seleção e aplicação de algoritmos e, por fim, a análise de resultados. Conforme observado nos estudos de casos apresentados, a aplicação da IA na gestão da manutenção tiveram alto índice de precisão e previsão de falhas e vida útil de máquinas e equipamento, devido ao seu monitoramento contínuo, fornecendo avaliações confiáveis e precisas e assim reduzindo o tempo de inatividade de equipamentos e auxiliando nas tomadas de decisões, sugerindo possibilidades de atuações e intervenções para a prevenção de falhas.

Logo o uso da inteligência artificial na gestão da manutenção é essencial para a competitividade das organizações de qualquer porte e natureza, tendo em vista que impacta diretamente nos custos, qualidade dos produtos e prazos de entrega.

AGRADECIMENTOS

A UNINTER pelo financiamento dos custos relacionados à participação no evento.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J.D.M. Manutenção preditiva com recurso a inteligência artificial. 2023.79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) - Universidade Coimbra, Coimbra, Portugal, 2023.
- MACHADO, C.O.; JUNIOR, S.C.M.; CELESTINO, Y.V.S.; ANDRADE, J.A.B.; JUNIOR, A.S.R. Manutenção Prescritiva: A evolução da manutenção na indústria 4.0. In: Revista Ibero – Americana de Humanidades, Ciências e Educação – REASE, v.9,n.9, ISSN – 2675 – 3375. São Paulo, 2023.
- MARCHI, C.S.; BUENO, N.V.; FAUSTINO, T.S.; BARREIRO, T.A.; SOUZA, V.C. Utilização das tecnologias da indústria 4.0 na manutenção preditiva através do monitoramento de equipamentos e instalações. In: XVIII Simpósio de Engenharia de Produção, Bauru/São Paulo: SIMPEP, 2021.
- MARTINS, R. B. Desenvolvimento de solução computacional baseada em Machine Learning para apoio à manutenção preditiva. 2022. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Fluminense Escola de Engenharia – Departamento de Engenharia Elétrica, Niterói.
- MATOS, G. R. Machine Learning aplicado à Gestão de Activos Físicos Industriais. 2021. 89 f. Trabalho final de curso (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa - ISEL, Lisboa, Portugal, 2021.
- MEDEIROS, Jussara M.; SVIERCOSKI, Vanderlei. O sabor do saber científico: TCC no Serviço Social. 1 ed. Curitiba: Editora Intersaberes, 2020.
- OLIVEIRA, F. M. F. Melhoria das práticas de gestão da manutenção e implementação de um software CMMS numa empresa do setor têxtil. 2022. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas) – Universidade do Minho - Escola de Engenharia, Braga, Portugal, 2022.
- SELEME, Robson. Manutenção Industrial, mantendo a fábrica em funcionamento. 1 ed. Curitiba: Editora Intersaberes, 2015.
- ZARO, E.M; WEBBER, C.G. Estudo de caso de desenvolvimento de sistema para manutenção preditiva 4.0. In: Revista Produção Online, v.22, n.3, ISSN – 1676-1901. Florianópolis, SC, 2022.