

INTERNET OF THINGS (IOT) E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO USO DE ROBÔS NA INDÚSTRIA

INTERNET OF THINGS (IOT) AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE USE OF
ROBOTS IN INDUSTRY

Ciências Exatas e da Terra, Engenharias • 08/10/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/791435572](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/791435572)

David Lopes Maciel¹

Brício Rocha Borges de Almeida²

Natiele Vieira de Oliveira Maciel³

Clélio Rodrigo Paiva Rafael⁴

Aírton Ribeiro dos Santos⁵

Rosalina Alves Nantes⁶

Fabício Moraes de Almeida⁷

RESUMO

A presente pesquisa científica tem como temática aplicabilidade da Internet of Things (IoT) e da Inteligência Artificial (IA) no uso de robôs na indústria, considerando sua contribuição para a produtividade, a qualidade, a segurança e o desempenho operacional. O estudo parte do contexto de transformação digital dos sistemas produtivos, nos quais máquinas, sensores, dados, algoritmos e equipamentos automatizados passam a atuar de forma integrada. O problema de pesquisa consiste em compreender como a IoT e a IA contribuem para o uso de robôs industriais, especialmente em ambientes produtivos que exigem maior precisão, conectividade, controle e capacidade de resposta. O objetivo geral é analisar, por meio de revisão bibliográfica, como essas tecnologias ampliam o potencial dos robôs na indústria. A metodologia adotada caracteriza-se como revisão bibliográfica de natureza qualitativa, com análise de livros, artigos científicos e materiais técnicos relacionados à IoT, IA, robótica industrial, automação, manutenção preditiva, qualidade e gestão industrial. Os resultados indicam que a IoT contribui para conectar robôs, sensores e sistemas produtivos, permitindo coleta de dados em tempo real, rastreabilidade e monitoramento contínuo. A IA, por sua vez, possibilita reconhecer padrões, prever falhas, apoiar inspeções automatizadas, otimizar movimentos e melhorar decisões operacionais. Conclui-se que a integração entre IoT, IA e robótica industrial favorece processos mais eficientes, seguros e controlados, embora sua implantação exija infraestrutura tecnológica, qualificação profissional, segurança da informação e alinhamento entre tecnologia, pessoas e estratégia organizacional.

Palavras-chave: Internet of Things; Inteligência Artificial; Robótica Industrial; Automação Industrial; Desempenho Operacional.

ABSTRACT

This scientific research focuses on the applicability of the Internet of Things (IoT) and Artificial Intelligence (AI) in the deployment of industrial robots, considering their contribution to productivity, quality, safety, and operational performance. The study is set within the context of the digital transformation of production systems, where machines, sensors, data, algorithms, and automated equipment operate in an integrated manner. The research problem addresses how IoT and AI contribute to the utilization of industrial robots, particularly in production environments that demand higher precision, connectivity, control, and responsiveness. The general objective is to analyze, through a literature review, how these technologies expand the potential of robots in industry. The adopted methodology is a qualitative literature review, analyzing books, scientific articles, and technical materials related to IoT, AI, industrial robotics, automation, predictive maintenance, quality, and industrial management. The results indicate that IoT contributes to connecting robots, sensors, and production systems, enabling real-time data collection, traceability, and continuous monitoring. Concurrently, AI allows for pattern recognition, failure prediction, support for automated inspections, motion optimization, and enhanced operational decision-making. It is concluded that the integration of IoT, AI, and industrial robotics promotes more efficient, safe, and controlled processes, although its implementation requires technological infrastructure, professional qualification, information security, and alignment between technology, people, and organizational strategy.

Keywords: Internet of Things; Artificial Intelligence; Industrial Robotics; Industrial Automation; Operational Performance.

1. INTRODUÇÃO

A indústria contemporânea passa por um processo de transformação associado à digitalização dos sistemas produtivos, à automação avançada e à integração entre máquinas, dados e decisões. Esse movimento está relacionado à Indústria 4.0, compreendida como uma nova etapa do desenvolvimento industrial, marcada pela articulação entre tecnologias digitais, sistemas físicos, conectividade e capacidade de processamento de informações em tempo real. Nesse contexto, os processos produtivos deixam de depender apenas de máquinas isoladas e passam a operar por meio de sistemas integrados, capazes de monitorar, comunicar, analisar e responder a diferentes condições operacionais.

A Indústria 4.0 modifica a forma como as organizações industriais planejam, executam e controlam suas atividades. A produção passa a exigir maior flexibilidade, precisão, rastreabilidade e capacidade de adaptação diante das mudanças de demanda, dos padrões de qualidade e das exigências de competitividade. Dessa forma, tecnologias como Internet of Things (IoT), Inteligência Artificial (IA), sistemas ciberfísicos, computação em nuvem, sensores inteligentes e robótica industrial assumem papel relevante na modernização dos sistemas produtivos.

A Internet of Things (IoT), ou Internet das Coisas, pode ser compreendida como uma infraestrutura tecnológica que permite conectar dispositivos, sensores, máquinas, equipamentos e sistemas por meio de redes digitais. No ambiente industrial, essa conectividade possibilita a coleta de dados em tempo real, o acompanhamento de máquinas, o monitoramento de variáveis operacionais, a rastreabilidade de produtos e a comunicação entre diferentes etapas do processo produtivo. Assim, a IoT contribui para

ampliar a visibilidade das operações e para oferecer informações mais precisas aos gestores e aos sistemas automatizados.

A Inteligência Artificial, por sua vez, refere-se ao conjunto de métodos computacionais capazes de executar tarefas associadas à aprendizagem, ao reconhecimento de padrões, à previsão de eventos e ao apoio à tomada de decisão. Na indústria, a IA pode ser aplicada à análise de dados, ao controle de qualidade, à manutenção preditiva, à otimização de processos e à identificação de falhas. Quando integrada à robótica, essa tecnologia permite que os equipamentos automatizados atuem com maior precisão, adaptação e capacidade de resposta, reduzindo a dependência de programação rígida e ampliando a eficiência das operações (Russell; Norvig, 2021).

Os robôs industriais representam uma das principais expressões da automação produtiva. Tradicionalmente, foram utilizados em atividades repetitivas, padronizadas ou de maior risco, como soldagem, pintura, movimentação de materiais, montagem e inspeção. No entanto, a incorporação da IoT e da IA amplia sua função dentro das fábricas, pois os robôs passam a integrar sistemas produtivos inteligentes, conectados a sensores, plataformas de dados, sistemas de controle e mecanismos de análise. Com isso, deixam de ser apenas equipamentos programados para repetir movimentos e passam a compor uma estrutura produtiva orientada por informação, desempenho e melhoria contínua (Groover, 2014).

A integração entre IoT, IA e robótica industrial possui relevância direta para a gestão industrial, pois afeta dimensões como produtividade, qualidade, segurança, manutenção e desempenho operacional. A IoT permite que o robô seja monitorado e integrado

ao sistema produtivo; a IA interpreta os dados gerados e identifica padrões, falhas ou oportunidades de melhoria; e a robótica executa as ações físicas necessárias ao processo. Dessa forma, a combinação dessas tecnologias favorece maior controle das operações, redução de desperdícios, diminuição de paradas não planejadas e melhoria da precisão produtiva (SLACK; Brandon-Jones, 2018; FRANK; Dalenogare; Ayala, 2019).

No campo da qualidade, a utilização de robôs conectados e inteligentes contribui para a padronização das atividades, a redução de variações operacionais e o aumento da confiabilidade dos processos. Sensores integrados aos equipamentos podem registrar dados sobre temperatura, força, posição, velocidade, vibração e desempenho, enquanto sistemas de IA podem analisar essas informações para identificar anomalias ou antecipar falhas. Assim, a automação deixa de atuar apenas na execução da tarefa e passa a contribuir também para o controle, a prevenção e a melhoria dos resultados industriais (Paladini, 2019; Russell; Norvig, 2021).

Além dos impactos produtivos, o uso de IoT e IA em robôs industriais também se relaciona à segurança do trabalho e à manutenção industrial. Atividades repetitivas, pesadas ou perigosas podem ser transferidas para sistemas robotizados, reduzindo a exposição humana a riscos operacionais. Ao mesmo tempo, o monitoramento contínuo dos equipamentos permite a adoção de manutenção preditiva, baseada na análise de dados e na identificação antecipada de sinais de desgaste ou mau funcionamento. Essa abordagem contribui para reduzir falhas inesperadas, melhorar a disponibilidade dos equipamentos e elevar a confiabilidade das linhas de produção.

Apesar das oportunidades, a adoção dessas tecnologias apresenta desafios importantes. A implantação de robôs conectados e sistemas inteligentes exige investimento financeiro, infraestrutura digital, integração com sistemas já existentes, segurança da informação e qualificação da força de trabalho. Também requer mudanças organizacionais, pois a automação inteligente altera rotinas, responsabilidades, competências profissionais e formas de controle dos processos. Assim, a simples aquisição de equipamentos não garante ganhos produtivos, sendo necessário alinhar tecnologia, gestão e estratégia organizacional (Porter, 1989; Brynjolfsson; McAfee, 2014).

Diante desse contexto, o problema de pesquisa que orienta este estudo é: como a Internet of Things (IoT) e a Inteligência Artificial contribuem para o uso de robôs na indústria, considerando seus impactos na produtividade, na qualidade e no desempenho operacional? Essa questão permite analisar o tema sob uma perspectiva integrada, relacionando transformação digital, automação, robótica industrial e gestão dos sistemas produtivos. A formulação do problema também se justifica pela necessidade de compreender não apenas as tecnologias em si, mas seus efeitos sobre a organização, o controle e a melhoria dos processos industriais (Kagermann; Wahlster; Helbig, 2013; SLACK; Brandon-Jones, 2018).

O objetivo geral da presente pesquisa é analisar, por meio de revisão bibliográfica, como a Internet of Things (IoT) e a Inteligência Artificial contribuem para o uso de robôs na indústria, considerando seus impactos na produtividade, na qualidade e no desempenho operacional. Para alcançar esse objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos: conceituar IoT, Inteligência Artificial

e robótica industrial; descrever a relação entre essas tecnologias no contexto da Indústria 4.0; identificar os principais impactos dessa integração na produtividade, qualidade, segurança e manutenção; analisar os desafios de implantação em ambientes industriais; e discutir a importância dessas tecnologias para a competitividade das organizações (Hermann; Pentek; Otto, 2016; FRANK; Dalenogare; Ayala, 2019).

A justificativa do estudo está relacionada à importância crescente da automação inteligente para a modernização dos sistemas produtivos. Em um ambiente competitivo, as organizações industriais buscam reduzir custos, aumentar a produtividade, melhorar a qualidade e responder com maior rapidez às mudanças do mercado. Nesse cenário, a integração entre IoT, IA e robótica industrial torna-se relevante por permitir decisões mais precisas, processos mais controlados e operações mais eficientes. O tema também se mostra adequado ao campo da gestão industrial, pois envolve tecnologia, processos, pessoas, qualidade e estratégia organizacional (Porter, 1989; SLACK; Brandon-Jones, 2018).

A pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica, com abordagem qualitativa, voltada à análise de livros, artigos científicos e materiais acadêmicos relacionados à Indústria 4.0, IoT, IA e robótica industrial. Não se pretende realizar estudo de caso, pesquisa de campo ou relato de experiência, mas reunir e interpretar contribuições teóricas capazes de explicar como essas tecnologias se articulam no uso de robôs industriais. Essa delimitação permite desenvolver uma análise coerente com o formato acadêmico do Trabalho de Conclusão de Curso e com o objetivo de compreender o tema a partir da literatura especializada (Marconi; Lakatos, 2010; Miguel, 2010).

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro apresenta a introdução, com a contextualização do tema, o problema de pesquisa, os objetivos, a justificativa e a organização geral do estudo. O segundo capítulo desenvolve a revisão da literatura, abordando Indústria 4.0, IoT, IA, robótica industrial e desempenho operacional. O terceiro capítulo descreve a metodologia adotada. O quarto capítulo apresenta os resultados e a discussão, com análise das contribuições, impactos e desafios associados ao uso de IoT e IA em robôs industriais. Por fim, o quinto capítulo apresenta a conclusão, retomando o problema de pesquisa, os principais achados, as limitações do estudo e sugestões para pesquisas futuras (Marconi; Lakatos, 2010; Miguel, 2010).

2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura apresenta os principais fundamentos teóricos relacionados à aplicação da Internet of Things (IoT) e da Inteligência Artificial no uso de robôs na indústria. O capítulo está organizado em quatro eixos: transformação digital e automação industrial; IoT e IA no ambiente fabril; robôs industriais e sistemas produtivos inteligentes; e impactos dessas tecnologias sobre produtividade, qualidade, segurança e desempenho operacional. Essa organização permite compreender o tema de forma integrada, considerando tanto os aspectos tecnológicos quanto os efeitos gerenciais e operacionais da automação inteligente (Atzori; Iera; Morabito, 2010; Gubbi et al., 2013).

2.1. Indústria 4.0, Automação e Transformação Digital

A transformação digital industrial representa uma mudança significativa na forma como os sistemas produtivos são organizados,

monitorados e controlados. A digitalização amplia a presença de sensores, redes de comunicação, sistemas computacionais, plataformas de dados e equipamentos automatizados no ambiente fabril. Com isso, a produção deixa de operar apenas por comandos previamente definidos e passa a utilizar informações em tempo real para apoiar decisões, corrigir desvios e melhorar o desempenho operacional (Boyes et al., 2018; Xu; He; LI, 2014).

A automação industrial, em sua forma tradicional, esteve associada à substituição parcial do trabalho humano por máquinas programáveis em tarefas repetitivas, perigosas ou de alta precisão. Entretanto, com a evolução dos sistemas digitais, a automação passou a incorporar conectividade, inteligência computacional e capacidade de integração entre diferentes equipamentos. Essa mudança ampliou o papel dos sistemas automatizados, que passaram a atuar não apenas na execução física das atividades, mas também no monitoramento, controle e otimização dos processos produtivos (Craig, 2018; Spong; Hutchinson; Vidyasagar, 2020).

Nesse contexto, o conceito de manufatura inteligente ganha relevância por representar a integração entre recursos físicos, sistemas computacionais e decisões orientadas por dados. A produção inteligente utiliza sensores, redes industriais, análise de dados e sistemas autônomos para tornar os processos mais flexíveis, rastreáveis e responsivos. Assim, o desempenho industrial passa a depender da capacidade de conectar máquinas, interpretar informações e realizar ajustes com rapidez diante de falhas, mudanças de demanda ou variações no processo (Xu; He; LI, 2014; Gubbi et al., 2013).

A transformação digital também altera a gestão industrial, pois amplia a quantidade de dados disponíveis para planejamento, controle e tomada de decisão. Antes, muitos processos eram avaliados apenas por inspeções periódicas, relatórios manuais ou indicadores consolidados após a produção. Com os sistemas conectados, torna-se possível acompanhar variáveis operacionais em tempo real, como temperatura, vibração, velocidade, consumo de energia, tempo de ciclo, paradas, falhas e padrões de qualidade (Xu; He; LI, 2014; Boyes et al., 2018).

Essa nova lógica exige que as organizações industriais desenvolvam capacidade de integração tecnológica e gerencial. A adoção de robôs, sensores, sistemas de IoT e algoritmos de IA não garante, por si só, melhoria de desempenho. Para que os resultados sejam alcançados, é necessário alinhar os recursos digitais aos objetivos produtivos, aos padrões de qualidade, à estratégia operacional e à qualificação dos profissionais envolvidos. Assim, a automação inteligente deve ser compreendida como processo organizacional, e não apenas como aquisição de equipamentos modernos (Boyes et al., 2018; Romero et al., 2016).

A digitalização da indústria também amplia a necessidade de interoperabilidade entre máquinas, sistemas e pessoas. Interoperabilidade significa a capacidade de diferentes equipamentos e plataformas trocarem informações de forma coordenada e compreensível. Em ambientes industriais complexos, essa integração é essencial para que robôs, sensores, sistemas de controle, softwares de gestão e dispositivos de supervisão atuem de modo sincronizado. Sem essa comunicação, a automação tende a ficar fragmentada, reduzindo os ganhos esperados (Xu; He; LI, 2014; Boyes et al., 2018).

Outro aspecto importante é que a transformação digital não elimina os fundamentos clássicos da gestão industrial, mas altera a forma como eles são aplicados. Produtividade, qualidade, segurança, manutenção e controle operacional continuam sendo objetivos centrais das organizações. A diferença está no uso de dados, algoritmos e sistemas conectados para acompanhar esses objetivos com maior precisão. Dessa maneira, a tecnologia passa a atuar como suporte à melhoria contínua e ao desempenho dos processos produtivos (Montgomery, 2019; Oakland, 2014).

Portanto, a Indústria 4.0 pode ser compreendida como um ambiente produtivo em que automação, conectividade e análise de dados se integram para melhorar a eficiência das operações. Nesse cenário, a IoT, a IA e a robótica industrial ocupam posição estratégica, pois permitem conectar equipamentos, interpretar informações e executar tarefas com maior precisão. A articulação entre essas tecnologias constitui a base dos sistemas produtivos inteligentes e justifica sua análise no contexto da gestão industrial contemporânea (Atzori; Iera; Morabito, 2010).

2.2. Internet Of Things (IoT) E Inteligência Artificial na Indústria

A Internet of Things (IoT), traduzida como Internet das Coisas, refere-se à conexão de objetos físicos à internet ou a redes digitais, permitindo que esses dispositivos coletem, transmitam, recebam e processem informações. No contexto industrial, a IoT envolve sensores, controladores, máquinas, robôs, sistemas supervisórios e plataformas de dados. Essa conexão possibilita que equipamentos antes isolados passem a fazer parte de uma rede integrada de monitoramento e controle da produção (Atzori; Iera; Morabito, 2010; Gubbi et al., 2013).

Na indústria, a IoT permite acompanhar variáveis operacionais em tempo real e transformar eventos físicos em dados digitais. Sensores instalados em robôs, motores, esteiras, máquinas e sistemas de movimentação podem registrar temperatura, vibração, pressão, força, posição, velocidade, consumo de energia e tempo de operação. Esses dados fornecem base para controle de qualidade, manutenção, rastreabilidade, segurança e melhoria do desempenho produtivo (Xu; He; LI, 2014; Boyes et al., 2018).

A IoT industrial também contribui para a rastreabilidade das operações, pois permite registrar o histórico de processos, produtos, máquinas e lotes. Em linhas automatizadas, essa rastreabilidade é importante para identificar causas de falhas, localizar gargalos, verificar padrões de produção e acompanhar o desempenho dos equipamentos. Quando integrada aos robôs industriais, a IoT permite que cada operação realizada gere dados úteis para análise posterior e para tomada de decisão em tempo real (Gubbi et al., 2013; Xu; He; LI, 2014).

A Inteligência Artificial, por sua vez, corresponde a um conjunto de métodos computacionais voltados à realização de tarefas que exigem aprendizagem, inferência, reconhecimento de padrões, classificação, previsão e tomada de decisão. No ambiente industrial, a IA pode ser aplicada à análise de imagens, inspeção de qualidade, previsão de falhas, planejamento de movimentos, ajuste de parâmetros e otimização de processos. Dessa forma, a IA transforma dados em conhecimento operacional aplicável à produção (Russell; Norvig, 2021; Nilsson, 2010).

A aprendizagem de máquina, ou machine learning, constitui uma das áreas mais relevantes da IA aplicada à indústria. Por meio dela,

algoritmos são treinados para reconhecer padrões em grandes volumes de dados e realizar previsões com base em exemplos anteriores. Em sistemas produtivos, essa abordagem pode ser usada para identificar sinais de desgaste, prever paradas, classificar defeitos, ajustar parâmetros de máquinas e apoiar decisões de manutenção ou controle de qualidade (Bishop, 2006; Murphy, 2012).

A visão computacional também representa uma aplicação importante da IA em robôs industriais. Com o uso de câmeras, sensores ópticos e algoritmos de reconhecimento de imagem, os robôs podem identificar peças, verificar posicionamento, detectar defeitos, orientar movimentos e realizar inspeções automatizadas. Essa capacidade amplia a flexibilidade da robótica industrial, pois permite que o equipamento responda a variações do ambiente produtivo com maior autonomia e precisão (Szeliski, 2022).

A integração entre IoT e IA ocorre quando os dados coletados por sensores e dispositivos conectados são analisados por algoritmos capazes de gerar interpretações úteis. A IoT fornece conectividade e dados; a IA realiza análise, reconhecimento de padrões e previsão; e os sistemas automatizados executam respostas operacionais. Essa relação é fundamental para que robôs industriais sejam utilizados de forma inteligente, com capacidade de monitoramento, adaptação e melhoria contínua (Atzori; Iera; Morabito, 2010; Russell; Norvig, 2021).

No uso de robôs na indústria, a IoT e a IA atuam de forma complementar. A IoT permite que o robô seja conectado ao sistema produtivo, envie informações sobre seu desempenho e receba comandos ou parâmetros atualizados. A IA, por sua vez, permite interpretar essas informações para ajustar movimentos, detectar anomalias, prever falhas ou melhorar a execução das tarefas. Assim,

os robôs deixam de operar apenas como equipamentos repetitivos e passam a integrar um sistema produtivo orientado por dados (Xu; He; LI, 2014; Craig, 2018).

Apesar dos benefícios, a adoção dessas tecnologias exige atenção à segurança da informação e à confiabilidade dos dados. Sistemas conectados podem estar sujeitos a falhas de comunicação, ataques cibernéticos, perda de dados ou decisões baseadas em informações incompletas. Por isso, a aplicação de IoT e IA em ambientes industriais deve considerar arquitetura segura, validação dos dados, manutenção dos sistemas e governança tecnológica adequada (Sadeghi; Wachsmann; Waidner, 2015; Boyes et al., 2018).

2.3. Robôs Industriais e Sistemas Produtivos Inteligentes

Os robôs industriais são equipamentos programáveis utilizados para executar tarefas físicas em ambientes produtivos, especialmente em atividades que exigem repetibilidade, precisão, velocidade ou exposição a riscos. A robótica industrial é aplicada em operações como soldagem, pintura, montagem, inspeção, corte, paletização, embalagem, movimentação de materiais e alimentação de máquinas. Sua utilização está associada à busca por produtividade, padronização e redução de variabilidade nos processos (Craig, 2018).

Do ponto de vista técnico, os robôs industriais são compostos por estrutura mecânica, atuadores, sensores, controladores e sistemas de programação. Esses elementos permitem que o equipamento execute movimentos planejados no espaço, manipule objetos e realize operações conforme parâmetros previamente definidos. A precisão e a repetibilidade desses sistemas tornam a robótica adequada para processos industriais que exigem controle rigoroso

de posição, força, velocidade e sequência de operações (Spong; Hutchinson; Vidyasagar, 2020; Craig, 2018).

A evolução da robótica industrial passou de sistemas rígidos e isolados para soluções mais conectadas, flexíveis e integradas ao ambiente fabril. Em modelos tradicionais, os robôs executavam tarefas repetitivas em células fechadas, com baixa interação com outros sistemas. Com a incorporação de sensores, redes industriais, IoT e IA, esses equipamentos passaram a operar de forma mais integrada, recebendo dados do processo, ajustando parâmetros e contribuindo para o controle global da produção (Villani et al., 2018).

Os robôs colaborativos, conhecidos como cobots, representam uma evolução importante nesse campo. Diferentemente de muitos robôs convencionais, projetados para operar isolados por barreiras físicas, os cobots são desenvolvidos para compartilhar espaços de trabalho com operadores humanos, respeitando critérios de segurança e interação. Essa característica amplia as possibilidades de automação em tarefas que exigem flexibilidade, cooperação e adaptação a diferentes contextos produtivos (Villani et al., 2018; Ajoudaini et al., 2018).

A utilização de robôs colaborativos não elimina a necessidade de planejamento ergonômico, treinamento e análise de riscos. A interação entre pessoas e máquinas exige avaliação cuidadosa do ambiente de trabalho, dos movimentos executados, da velocidade, da força aplicada e das condições de segurança. Assim, a colaboração humano-robô deve ser compreendida como uma estratégia de integração entre capacidade humana e precisão automatizada, e não apenas como substituição direta de trabalhadores por máquinas (Villani et al., 2018; Sheridan, 2016).

Os sistemas produtivos inteligentes integram robôs, sensores, controladores, softwares e plataformas de análise para criar ambientes com maior capacidade de resposta. Nesses sistemas, os robôs podem receber dados de sensores, ajustar trajetórias, acionar alertas, registrar indicadores e interagir com outros equipamentos. Essa integração permite que a produção seja monitorada de forma contínua e que as decisões sejam apoiadas por informações mais confiáveis (Xu; He; LI, 2014; Gubbi et al., 2013).

A presença de robôs inteligentes também modifica o papel dos profissionais industriais. Em vez de atuarem apenas na execução manual de tarefas, os trabalhadores passam a desempenhar funções relacionadas à programação, supervisão, análise de dados, manutenção, controle de qualidade e melhoria dos processos automatizados. Essa mudança exige qualificação técnica e capacidade de interpretar informações geradas pelos sistemas digitais (Romero et al., 2016; Sheridan, 2016).

A integração entre robótica e IA permite avanços em autonomia operacional. Em determinadas aplicações, algoritmos podem apoiar o planejamento de trajetórias, a identificação de objetos, a adaptação a variações de peças e a correção de desvios durante a operação. Essa capacidade torna os robôs mais adequados a ambientes produtivos com maior variedade de produtos, ciclos menores e exigências crescentes de flexibilidade (Szeliski, 2022).

Contudo, a implantação de sistemas robotizados inteligentes exige análise econômica, técnica e organizacional. É necessário avaliar custos de aquisição, integração com sistemas existentes, manutenção, treinamento, segurança, disponibilidade de dados e retorno esperado. A adoção inadequada pode gerar subutilização

dos equipamentos, aumento de complexidade e dependência tecnológica sem ganhos proporcionais de desempenho (Mobley, 2002; Boyes et al., 2018).

Portanto, os robôs industriais devem ser analisados como parte de um sistema produtivo mais amplo. Seu desempenho depende da integração com sensores, redes, softwares, trabalhadores, procedimentos e objetivos de gestão. Quando conectados por IoT e orientados por IA, esses equipamentos podem contribuir para processos mais precisos, seguros e eficientes, desde que sua implantação seja conduzida com planejamento e alinhamento às necessidades da organização (Craig, 2018; Villani et al., 2018).

2.4. Produtividade, Qualidade, Segurança e Desempenho Operacional

A aplicação de IoT e IA em robôs industriais têm relação direta com a produtividade, pois permite melhorar a utilização dos recursos produtivos, reduzir tempos de parada e aumentar a regularidade das operações. Robôs conectados podem executar tarefas com repetibilidade e velocidade, enquanto sensores e algoritmos acompanham seu desempenho em tempo real. Essa combinação favorece a identificação de gargalos e a realização de ajustes mais rápidos no processo produtivo (Xu; He; LI, 2014).

A produtividade industrial não depende apenas da velocidade de produção, mas também da estabilidade dos processos, da redução de falhas e da capacidade de manter o fluxo operacional com menor desperdício. Nesse sentido, robôs integrados a sistemas de IoT e IA contribuem para diminuir interrupções, melhorar a programação das atividades e ampliar a previsibilidade das operações. A produção

torna-se mais controlada quando os dados operacionais são utilizados para orientar decisões e corrigir desvios (Montgomery, 2019; Murphy, 2012).

No campo da qualidade, a robótica conectada contribui para maior padronização das atividades. Movimentos repetitivos realizados por robôs tendem a apresentar menor variação em comparação à execução manual, especialmente em operações que exigem precisão dimensional, aplicação uniforme de força ou posicionamento rigoroso. Quando associada à IA, essa padronização pode ser reforçada por inspeções automatizadas, análise de imagens e detecção de defeitos em tempo real (Oakland, 2014; Szeliski, 2022).

A qualidade também é fortalecida pela capacidade de registrar dados ao longo do processo. Sensores conectados aos robôs podem gerar históricos de operação, permitindo verificar quais condições estavam presentes no momento de uma falha ou desvio. Esse registro facilita a análise de causa, a rastreabilidade e a melhoria contínua. Assim, a integração entre IoT, IA e robótica amplia a capacidade de prevenir defeitos em vez de apenas identificá-los após a produção (Montgomery, 2019; Gubbi et al., 2013).

A manutenção preditiva é uma das principais contribuições da combinação entre IoT, IA e robôs industriais. Essa abordagem utiliza dados de sensores para identificar sinais de desgaste, vibração anormal, aumento de temperatura, perda de desempenho ou comportamento fora do padrão. A partir dessas informações, algoritmos podem prever falhas e indicar intervenções antes que ocorra a parada do equipamento. Isso reduz custos, melhora a

disponibilidade dos ativos e aumenta a confiabilidade operacional (Jardine; Lin; Banjevic, 2006; Mobley, 2002).

Diferentemente da manutenção corretiva, que ocorre após a falha, e da manutenção preventiva, realizada por intervalos fixos, a manutenção preditiva busca agir com base na condição real do equipamento. Em robôs industriais, essa estratégia é especialmente relevante, pois falhas em componentes como atuadores, sensores, redutores, controladores ou sistemas de visão podem comprometer toda a linha produtiva. Assim, o monitoramento contínuo permite decisões mais adequadas sobre o momento de intervir (Jardine; Lin; Banjevic, 2006; Mobley, 2002).

A segurança operacional também é beneficiada pela automação inteligente. Robôs podem ser empregados em atividades com exposição a calor, ruído, agentes químicos, cargas pesadas, movimentos repetitivos ou ambientes de risco. Além disso, sensores e sistemas de controle podem monitorar áreas de operação, detectar aproximação humana, limitar movimentos e acionar mecanismos de parada. Esses recursos contribuem para reduzir acidentes e melhorar as condições de trabalho (Villani et al., 2018; Sheridan, 2016).

Entretanto, a segurança em ambientes robotizados depende de projeto adequado, treinamento, normas técnicas e avaliação contínua dos riscos. A presença de robôs colaborativos, sensores e sistemas autônomos não elimina a possibilidade de falhas operacionais, erros de programação ou situações imprevistas. Por isso, a implantação dessas tecnologias deve considerar procedimentos de segurança, validação dos sistemas e capacitação

dos operadores e técnicos responsáveis (Villani et al., 2018; Ajoudaini et al., 2018).

O desempenho operacional resulta da combinação entre produtividade, qualidade, confiabilidade, segurança e capacidade de adaptação. A IoT fornece dados sobre o funcionamento dos sistemas; a IA transforma esses dados em análises e previsões; e os robôs executam atividades físicas com precisão. Essa articulação permite que a indústria avance para processos mais integrados, nos quais decisões e ações são apoiadas por informações consistentes (Boyes et al., 2018; Russell; Norvig, 2021).

Mesmo com esses benefícios, os desafios de implantação permanecem relevantes. A indústria precisa lidar com custos iniciais, integração de sistemas antigos, falta de profissionais qualificados, riscos de segurança digital, resistência organizacional e necessidade de atualização contínua. Portanto, o uso de IoT e IA em robôs industriais deve ser planejado como estratégia de gestão produtiva, considerando não apenas a tecnologia disponível, mas também a capacidade da organização de utilizá-la de forma eficiente (Sadeghi; Wachsmann; Waidner, 2015; Boyes et al., 2018).

Dessa forma, a literatura indica que a integração entre Internet of Things, Inteligência Artificial e robótica industrial pode contribuir de maneira significativa para a modernização da produção. Os principais ganhos estão relacionados à conectividade, análise de dados, automação flexível, controle de qualidade, manutenção preditiva, segurança e melhoria do desempenho operacional. Contudo, esses resultados dependem de planejamento, infraestrutura, qualificação profissional e alinhamento entre tecnologia e objetivos organizacionais (Atzori; Iera; Morabito, 2010).

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de natureza qualitativa, desenvolvida com o objetivo de analisar como a Internet of Things (IoT) e a Inteligência Artificial contribuem para o uso de robôs na indústria. A escolha desse tipo de pesquisa justifica-se pela necessidade de compreender, a partir de contribuições teóricas já publicadas, os conceitos, aplicações, benefícios e desafios relacionados à integração entre IoT, IA e robótica industrial. Segundo Severino (2017), a pesquisa bibliográfica permite analisar materiais científicos existentes, organizar ideias, comparar autores e construir uma interpretação fundamentada sobre determinado problema de pesquisa.

A abordagem qualitativa foi adotada porque o estudo não pretende mensurar dados estatísticos ou realizar experimentos, mas interpretar conteúdos, relações conceituais e contribuições teóricas presentes na literatura especializada. Para Gil (2017), a pesquisa qualitativa é adequada quando se busca compreender fenômenos a partir da análise de significados, argumentos e relações entre conceitos. Dessa forma, o estudo concentra-se na compreensão dos impactos da IoT e da Inteligência Artificial no uso de robôs industriais, considerando produtividade, qualidade, segurança, manutenção e desempenho operacional.

Quanto aos objetivos, a pesquisa possui caráter descritivo e analítico. É descritiva porque apresenta os principais conceitos relacionados à IoT, à IA, à robótica industrial e à automação inteligente. Também é analítica porque busca interpretar como essas tecnologias se articulam no ambiente industrial e quais efeitos podem produzir nos sistemas produtivos. De acordo com Prodanov e Freitas (2013), a

pesquisa descritiva permite registrar, ordenar e analisar características de determinado fenômeno, enquanto a análise bibliográfica possibilita relacionar diferentes contribuições teóricas sobre o tema investigado.

As fontes de dados foram compostas por livros, artigos científicos, trabalhos acadêmicos e materiais técnicos relacionados à Internet of Things, Inteligência Artificial, robótica industrial, automação, manutenção preditiva, qualidade e gestão industrial. Foram priorizadas publicações com aderência direta ao tema, reconhecimento acadêmico e contribuição para a compreensão da aplicação de robôs em ambientes produtivos. Também foram considerados materiais complementares do curso, especialmente aqueles relacionados à tecnologia da informação, qualidade, produtividade, logística e operações industriais (Severino, 2017; Gil, 2017).

A seleção das referências considerou quatro critérios principais: relação direta com o tema do TCC, relevância acadêmica ou técnica da publicação, contribuição para os objetivos da pesquisa e atualidade do debate sobre tecnologias industriais. Foram incluídos estudos que abordam IoT industrial, IA aplicada à produção, robôs industriais, robôs colaborativos, sensores, visão computacional, manutenção preditiva, segurança operacional e desempenho produtivo. Foram excluídos materiais sem autoria definida, textos opinativos sem fundamentação científica, publicações sem relação direta com o tema e conteúdos excessivamente genéricos sobre tecnologia (Prodanov; Freitas, 2013; Gil, 2017).

O levantamento bibliográfico foi orientado por palavras-chave em português e inglês; considerando a terminologia utilizada na

literatura da área; Entre os principais termos de busca; destacaram-se: Internet of Things; Industrial Internet of Things; IoT industrial; Inteligência Artificial; Artificial Intelligence; robótica industrial; industrial robotics; robôs colaborativos; cobots; automação industrial; manutenção preditiva; visão computacional; qualidade industrial e desempenho operacional; Essa estratégia permitiu reunir materiais relacionados tanto aos fundamentos tecnológicos quanto aos impactos gerenciais da automação inteligente (Severino; 2017; Prodanov; Freitas; 2013).

Os procedimentos de análise foram realizados em etapas. Inicialmente, ocorreu a leitura exploratória dos materiais, com o objetivo de identificar sua pertinência ao tema. Em seguida, foi realizada a leitura seletiva, priorizando os conteúdos mais relacionados aos objetivos da pesquisa. Posteriormente, desenvolveu-se a leitura analítica, com organização das ideias em categorias temáticas. Por fim, foi realizada a síntese interpretativa, relacionando as contribuições dos autores aos impactos da IoT e da IA no uso de robôs industriais (Gil, 2017; Severino, 2017).

A organização dos conteúdos seguiu quatro categorias principais de análise: conceitos fundamentais de IoT, IA e robótica industrial; aplicações dessas tecnologias nos sistemas produtivos; impactos sobre produtividade, qualidade, segurança e manutenção; e desafios tecnológicos, organizacionais e profissionais associados à implantação. Essa categorização permitiu estruturar a discussão de forma coerente, evitando a simples descrição das tecnologias e favorecendo uma análise integrada dos seus efeitos sobre a gestão industrial (Prodanov; Freitas, 2013; Gil, 2017).

Por se tratar de uma revisão bibliográfica, a pesquisa não realizou coleta de dados em campo, entrevistas, questionários, observação direta ou estudo de caso. A análise foi baseada exclusivamente em fontes bibliográficas e documentais, conforme a delimitação metodológica adotada para o trabalho. Essa escolha mantém coerência com o objetivo da pesquisa, que consiste em compreender o tema a partir da literatura especializada, e não avaliar empiricamente uma empresa, equipamento ou processo industrial específico (Severino, 2017; Gil, 2017).

Dessa forma, a metodologia adotada permite desenvolver uma análise fundamentada sobre o uso da Internet of Things e da Inteligência Artificial em robôs industriais. O percurso metodológico contribui para organizar o referencial teórico, comparar abordagens, identificar benefícios e limitações e sustentar a discussão dos resultados. Assim, a revisão bibliográfica qualitativa mostra-se adequada ao propósito do estudo, pois possibilita compreender como a integração entre IoT, IA e robótica pode influenciar a produtividade, a qualidade e o desempenho operacional na indústria (Prodanov; Freitas, 2013; Severino, 2017).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da literatura permitiu identificar que a integração entre Internet of Things (IoT), Inteligência Artificial (IA) e robótica industrial representa uma das bases da automação inteligente nos sistemas produtivos contemporâneos. Os estudos analisados indicam que essas tecnologias não atuam de forma isolada, pois a conectividade fornece dados, os algoritmos interpretam informações e os robôs executam ações físicas no processo industrial. Dessa forma, os resultados discutidos neste capítulo foram organizados em quatro

eixos: contribuições da IoT, contribuições da IA, impactos sobre produtividade, qualidade e manutenção, e desafios tecnológicos, organizacionais e profissionais (Atzori; Iera; Morabito, 2010; Gubbi et al., 2013).

4.1. Contribuições da IoT para o Uso de Robôs na Indústria

A IoT contribui para o uso de robôs na indústria ao permitir que equipamentos, sensores, controladores e sistemas produtivos passem a operar de forma conectada. Essa conectividade transforma o robô industrial em uma fonte contínua de dados, capaz de enviar informações sobre desempenho, condições de operação, tempo de ciclo, falhas, consumo de energia e interação com outros equipamentos. Com isso, o controle produtivo deixa de depender apenas de observações pontuais e passa a contar com dados gerados em tempo real (Atzori; Iera; Morabito, 2010; Xu; He; Li, 2014).

A principal contribuição da IoT está na ampliação da visibilidade operacional. Sensores instalados em células robotizadas podem registrar variáveis como vibração, temperatura, pressão, força, velocidade, posição e tempo de funcionamento. Essas informações permitem acompanhar o comportamento dos robôs durante a execução das tarefas, identificar desvios e fornecer suporte à tomada de decisão. Assim, a IoT atua como uma camada de monitoramento que aproxima o ambiente físico da gestão digital da produção (Gubbi et al., 2013; Boyes et al., 2018).

Outro resultado identificado se refere à rastreabilidade dos processos industriais. Quando robôs conectados executam operações em linhas de produção, cada atividade pode gerar registros sobre lote, peça, tempo de execução, parâmetros utilizados

e eventuais ocorrências. Esse histórico permite investigar falhas, comparar padrões de desempenho e melhorar o controle sobre os produtos fabricados. Dessa forma, a rastreabilidade deixa de ser apenas uma exigência documental e passa a compor a própria lógica de controle da produção (Xu; He; LI, 2014; Gubbi et al., 2013).

A IoT também favorece a integração entre robôs e sistemas de gestão industrial. Em ambientes conectados, as informações geradas pelos equipamentos podem ser associadas a sistemas supervisórios, plataformas de manutenção, sistemas de planejamento e ferramentas de controle da qualidade. Essa integração reduz a fragmentação das informações e possibilita que diferentes áreas da organização acompanhem os mesmos dados operacionais. Com isso, produção, manutenção, qualidade e gestão passam a atuar com maior alinhamento (Boyes et al., 2018; Xu; He; LI, 2014).

No uso de robôs industriais, a IoT permite ainda maior capacidade de resposta a eventos operacionais. Ao detectar alterações no funcionamento de um equipamento, sensores conectados podem emitir alertas, registrar anomalias ou acionar mecanismos automáticos de controle. Essa capacidade é relevante em linhas produtivas que dependem de continuidade operacional, pois pequenas variações podem gerar defeitos, retrabalho ou paradas inesperadas. Assim, a conectividade contribui para reduzir atrasos entre a ocorrência do problema e a resposta gerencial ou técnica (Gubbi et al., 2013; Xu; He; LI, 2014).

A discussão também evidencia que a IoT amplia o potencial de uso dos robôs industriais ao integrá-los a ecossistemas digitais mais amplos. O robô deixa de ser apenas um equipamento programado

para executar movimentos e passa a participar de uma rede de informações. Essa mudança é relevante porque permite que sua atuação seja analisada de forma sistêmica, considerando fluxo produtivo, desempenho da linha, qualidade dos produtos e disponibilidade dos ativos industriais (Atzori; Iera; Morabito, 2010; Xu; He; Li, 2014).

Entretanto, a contribuição da IoT depende da qualidade da infraestrutura digital disponível. Redes instáveis, sensores mal calibrados, falhas de comunicação e ausência de padronização podem comprometer a confiabilidade das informações. Portanto, a implantação da IoT em sistemas robotizados exige planejamento, segurança dos dados, interoperabilidade e definição clara dos indicadores que serão monitorados. Sem esses elementos, o aumento da coleta de dados pode gerar volume informacional sem efetiva contribuição para a gestão industrial (Boyes et al., 2018; Sadeghi; Wachsmann; Waidner, 2015).

4.2. Contribuições da Inteligência Artificial para Robôs Industriais

A Inteligência Artificial contribui para a robótica industrial ao permitir que dados coletados no ambiente produtivo sejam analisados, classificados e utilizados para apoiar decisões. Enquanto a IoT fornece a conectividade e a coleta contínua de informações, a IA amplia a capacidade de interpretação desses dados. Dessa forma, robôs industriais podem ser utilizados em sistemas mais adaptáveis, capazes de reconhecer padrões, identificar falhas, ajustar parâmetros e apoiar o controle dos processos produtivos (Russell; Norvig, 2021; Nilsson, 2010).

Uma das principais contribuições da IA está na aprendizagem de máquina. Algoritmos de machine learning podem analisar grandes volumes de dados gerados por robôs, sensores e sistemas produtivos, identificando comportamentos recorrentes e desvios em relação ao padrão esperado. Essa capacidade permite prever falhas, classificar defeitos, ajustar operações e melhorar decisões de manutenção e qualidade. Assim, a IA transforma registros operacionais em informações úteis para a gestão do processo industrial (Bishop, 2006; Murphy, 2012).

A visão computacional é outra aplicação relevante da IA em robôs industriais. Por meio de câmeras e algoritmos de análise de imagem, os robôs podem reconhecer peças, verificar posicionamento, identificar defeitos superficiais, orientar movimentos e realizar inspeções automatizadas. Essa função amplia a flexibilidade dos sistemas robotizados, especialmente em processos que exigem precisão visual, variação de produtos ou controle rigoroso de qualidade (Szeliski, 2022).

A IA também contribui para a otimização dos movimentos robóticos. Em operações industriais, o desempenho do robô depende de trajetórias, velocidade, aceleração, força aplicada e interação com objetos ou ferramentas. Algoritmos inteligentes podem apoiar o planejamento dessas trajetórias, evitando movimentos desnecessários, reduzindo tempo de ciclo e melhorando a eficiência da operação. Com isso, a robótica passa a atuar não apenas pela repetição programada, mas por maior capacidade de ajuste às condições do processo (Craig, 2018; Spong; Hutchinson; Vidyasagar, 2020).

Outro resultado importante está na capacidade da IA de apoiar a manutenção preditiva. Ao analisar dados como vibração, temperatura, corrente elétrica, ruído e histórico de falhas, algoritmos podem identificar sinais de desgaste antes que ocorra a parada do equipamento. Em robôs industriais, essa capacidade é relevante porque a falha de um único componente pode comprometer toda a célula produtiva. Assim, a IA contribui para a confiabilidade dos ativos e para a redução de paradas não planejadas (Jardine; Lin; Banjevic, 2006; Mobley, 2002).

A Inteligência Artificial também pode contribuir para o controle de qualidade em tempo real. Ao analisar padrões de produção, imagens, medições e parâmetros operacionais, os sistemas inteligentes podem identificar desvios com maior rapidez. Isso permite que ações corretivas sejam tomadas durante o processo, e não apenas após a produção do lote. Essa mudança reduz retrabalho, desperdícios e perdas associadas à identificação tardia de defeitos (Montgomery, 2019; Oakland, 2014).

Apesar dessas contribuições, a IA depende da qualidade dos dados utilizados. Dados incompletos, inconsistentes ou mal estruturados podem gerar interpretações inadequadas e decisões equivocadas. Por isso, a aplicação da IA em robôs industriais exige governança de dados, validação dos modelos, atualização dos algoritmos e acompanhamento técnico. Dessa forma, a inteligência computacional não substitui a gestão industrial, mas amplia sua capacidade analítica quando aplicada de maneira controlada e coerente (Russell; Norvig, 2021; Murphy, 2012).

4.3. Impactos na Produtividade, Qualidade e Manutenção Industrial

A integração entre IoT, IA e robótica industrial impacta a produtividade ao permitir maior regularidade, precisão e continuidade das operações. Robôs conectados podem executar tarefas repetitivas com menor variação, enquanto sensores e algoritmos monitoram o desempenho do processo. Essa combinação reduz falhas operacionais, melhora o aproveitamento dos recursos e favorece maior estabilidade da produção. A produtividade, nesse caso, não resulta apenas da velocidade dos robôs, mas da capacidade de manter o processo controlado e previsível (Xu; He; Li, 2014; Gubbi et al., 2013).

No campo da qualidade, os resultados indicam que a automação inteligente contribui para reduzir variações e aumentar a padronização. Robôs industriais realizam movimentos com repetibilidade, o que favorece operações como soldagem, montagem, pintura, inspeção e movimentação de materiais. Quando associados a sensores e algoritmos de análise, esses equipamentos também permitem identificar desvios durante a execução das tarefas, fortalecendo o controle preventivo da qualidade (Craig, 2018; Montgomery, 2019).

A qualidade industrial é beneficiada pela capacidade de monitorar parâmetros críticos do processo. Em uma célula robotizada, variações de força, velocidade, temperatura, posição ou tempo de ciclo podem indicar problemas que afetam o resultado final do produto. A IoT permite registrar essas variáveis, enquanto a IA contribui para interpretar padrões e detectar anomalias. Assim, o controle da qualidade torna-se mais integrado ao processo produtivo e menos dependente apenas da inspeção final (Gubbi et al., 2013; Oakland, 2014).

A manutenção industrial também é impactada de forma significativa. A utilização de sensores conectados permite acompanhar a condição real dos robôs, enquanto os algoritmos de IA podem prever falhas com base em padrões históricos e sinais de desgaste. Essa abordagem reduz a dependência exclusiva da manutenção corretiva e melhora a eficácia da manutenção preventiva, pois as intervenções passam a ser orientadas por dados operacionais. Com isso, aumenta-se a disponibilidade dos equipamentos e reduz-se o risco de paradas inesperadas (Jardine; Lin; Banjevic, 2006; Mobley, 2002).

A manutenção preditiva aplicada a robôs industriais possui importância estratégica porque esses equipamentos normalmente integram etapas críticas da produção. Uma falha em robôs de soldagem, pintura, montagem ou movimentação pode interromper o fluxo produtivo e gerar custos elevados. O monitoramento contínuo permite identificar sinais antecipados de desgaste em componentes mecânicos, sensores, atuadores e controladores. Dessa forma, a empresa pode programar intervenções com menor impacto sobre a produção (Mobley, 2002; Jardine; Lin; Banjevic, 2006).

A segurança operacional também aparece como impacto relevante. Robôs industriais podem assumir atividades perigosas, repetitivas, pesadas ou realizadas em ambientes agressivos. Além disso, sensores e sistemas inteligentes podem detectar aproximação humana, limitar movimentos, monitorar áreas de risco e acionar paradas de emergência. Dessa forma, a automação robotizada pode contribuir para reduzir a exposição do trabalhador a condições inseguras, desde que seja implantada com normas, treinamento e avaliação adequada dos riscos (Villani et al., 2018; Sheridan, 2016).

Os robôs colaborativos ampliam essa discussão ao permitir a interação mais próxima entre operadores humanos e sistemas automatizados. Nesses casos, a produtividade pode ser melhorada pela combinação entre flexibilidade humana e precisão robótica. Entretanto, essa cooperação exige maior atenção à segurança, ao desenho das tarefas, à ergonomia, à velocidade dos movimentos e à delimitação das responsabilidades entre operador e equipamento. Assim, a colaboração humano-robô deve ser planejada como processo técnico e organizacional (Villani et al., 2018; Ajoudaini et al., 2018).

A discussão dos resultados permite compreender que os ganhos associados à IoT, IA e robótica não ocorrem de forma automática. O aumento da produtividade, da qualidade e da confiabilidade depende da correta integração entre tecnologia, processos e pessoas. Quando a implantação é fragmentada, há risco de subutilização dos equipamentos, excesso de dados sem análise efetiva e aumento da complexidade operacional. Portanto, a automação inteligente exige gestão estruturada, indicadores adequados e alinhamento com os objetivos industriais (Boyes et al., 2018; Romero et al., 2016).

4.4. Desafios Tecnológicos, Organizacionais e Profissionais

A implantação de IoT e IA em robôs industriais apresenta desafios tecnológicos relacionados à infraestrutura, interoperabilidade e segurança da informação. Para que os robôs operem de forma conectada, é necessário dispor de redes confiáveis, sensores adequados, sistemas compatíveis e plataformas capazes de processar dados com estabilidade. A ausência desses elementos

pode limitar os benefícios esperados e gerar falhas de comunicação entre equipamentos e sistemas (Boyes et al., 2018; Xu; He; LI, 2014).

A interoperabilidade é um dos principais desafios em ambientes industriais. Muitas empresas possuem máquinas, softwares e controladores de diferentes fabricantes, com padrões distintos de comunicação. Essa diversidade pode dificultar a integração entre robôs, sensores, sistemas supervisórios e plataformas de gestão. Quando os sistemas não se comunicam adequadamente, a automação permanece limitada a células isoladas, reduzindo a capacidade de análise integrada da produção (Boyes et al., 2018; Xu; He; LI, 2014).

A segurança da informação também assume papel central. Robôs conectados, sensores inteligentes e plataformas digitais ampliam a superfície de exposição a ataques cibernéticos, falhas de comunicação e uso inadequado dos dados. Como esses sistemas podem controlar operações físicas, uma falha digital pode gerar impactos produtivos e riscos operacionais. Por isso, a adoção de IoT e IA deve considerar proteção de redes, controle de acesso, atualização de sistemas e políticas de segurança industrial (Sadeghi; Wachsmann; Waidner, 2015; Boyes et al., 2018).

Os desafios organizacionais também são significativos. A automação inteligente exige mudanças na forma de planejar, controlar e avaliar os processos industriais. A empresa precisa definir quais dados serão coletados, como serão analisados, quem utilizará as informações e quais decisões serão tomadas a partir delas. Sem essa organização, a tecnologia pode gerar dados em excesso, mas sem transformação efetiva em melhoria produtiva (Boyes et al., 2018; Romero et al., 2016).

Outro desafio está relacionado ao custo de implantação. A adoção de robôs conectados, sensores, softwares, infraestrutura de rede e sistemas de IA pode exigir investimentos elevados. Além da aquisição dos equipamentos, devem ser considerados custos de integração, treinamento, manutenção, segurança, atualização tecnológica e adaptação dos processos. Dessa forma, a decisão de implantar automação inteligente deve ser acompanhada de avaliação técnica e econômica consistente (Mobley, 2002; Boyes et al., 2018).

A qualificação profissional constitui um dos pontos mais sensíveis da transformação tecnológica. O uso de robôs conectados e sistemas inteligentes exige trabalhadores capazes de operar, programar, monitorar, interpretar dados e atuar na manutenção desses equipamentos. Essa mudança desloca parte das atividades humanas da execução manual para funções de supervisão, análise e tomada de decisão. Portanto, a capacitação da força de trabalho torna-se condição essencial para que a tecnologia produza resultados sustentáveis (Romero et al., 2016; Sheridan, 2016).

A resistência organizacional também pode dificultar a implantação. Mudanças tecnológicas costumam alterar rotinas, responsabilidades e relações de trabalho. Em alguns casos, a automação pode ser percebida como ameaça ao emprego ou como aumento da complexidade operacional. Por isso, a adoção dessas tecnologias deve ser acompanhada de comunicação clara, treinamento e participação dos profissionais envolvidos no processo de mudança (Sheridan, 2016; Romero et al., 2016).

A literatura também indica que a dependência tecnológica pode representar limitação para algumas organizações. Sistemas

robotizados inteligentes demandam suporte técnico especializado, atualizações constantes, compatibilidade entre plataformas e disponibilidade de fornecedores. Quando a empresa não desenvolve capacidade interna de gestão tecnológica, pode tornar-se excessivamente dependente de soluções externas, o que reduz sua autonomia operacional e estratégica (Boyes et al., 2018; Sadeghi; Wachsmann; Waidner, 2015).

Diante desses desafios, a discussão evidencia que o uso de IoT e IA em robôs industriais deve ser planejado como parte de uma estratégia de gestão industrial. A tecnologia precisa estar associada a objetivos claros, indicadores de desempenho, processos bem definidos e qualificação profissional. Dessa forma, a automação inteligente deixa de ser apenas modernização tecnológica e passa a representar uma ferramenta de melhoria da produtividade, da qualidade, da segurança e do desempenho operacional (Atzori; Iera; Morabito, 2010; Villani et al., 2018).

Em síntese, os resultados apontam que a Internet of Things e a Inteligência Artificial contribuem para ampliar o potencial dos robôs na indústria, tornando-os mais conectados, monitoráveis, adaptáveis e úteis à gestão dos processos produtivos. A IoT fornece a base de coleta e comunicação dos dados; a IA interpreta essas informações e apoia decisões; e a robótica executa operações com precisão e regularidade. Contudo, os benefícios dependem da capacidade organizacional de integrar tecnologia, pessoas, processos e estratégia (Gubbi et al., 2013; Russell; Norvig, 2021).

5. CONCLUSÃO

A presente pesquisa analisou como a Internet of Things (IoT) e a Inteligência Artificial (IA) contribuem para o uso de robôs na indústria, considerando seus impactos na produtividade, na qualidade e no desempenho operacional. A partir da revisão bibliográfica realizada, verificou-se que essas tecnologias ampliam a função dos robôs industriais, que deixam de atuar apenas como equipamentos programados para tarefas repetitivas e passam a integrar sistemas produtivos conectados, monitoráveis e orientados por dados (Atzori; Iera; Morabito, 2010; Gubbi et al., 2013).

Os resultados demonstraram que a IoT exerce papel fundamental na conectividade industrial, pois permite que sensores, máquinas, robôs e sistemas produtivos troquem informações em tempo real. Essa capacidade favorece o monitoramento contínuo dos equipamentos, a rastreabilidade das operações, o controle de variáveis produtivas e a identificação mais rápida de falhas ou desvios. Assim, a IoT contribui para transformar o robô industrial em uma fonte estratégica de dados operacionais, útil ao planejamento, ao controle e à melhoria dos processos produtivos (Xu; He; Li, 2014; Boyes et al., 2018).

A Inteligência Artificial, por sua vez, contribui ao transformar os dados coletados em informações úteis para a tomada de decisão. Sua aplicação em robôs industriais permite reconhecer padrões, prever falhas, apoiar inspeções automatizadas, otimizar movimentos e melhorar o controle de qualidade. Dessa maneira, a IA amplia a capacidade analítica dos sistemas robotizados e favorece uma automação mais flexível, adaptável e orientada ao desempenho operacional (Russell; Norvig, 2021; Murphy, 2012).

A resposta ao problema de pesquisa indica que a IoT e a IA contribuem para o uso de robôs na indústria ao integrar conectividade, coleta de dados, análise inteligente e execução automatizada. A IoT permite que o robô seja conectado ao sistema produtivo e gere informações sobre sua operação; a IA interpreta essas informações e apoia decisões; e a robótica executa atividades físicas com precisão, regularidade e menor variação operacional. Essa integração fortalece a produtividade, melhora a qualidade, apoia a manutenção preditiva e contribui para maior segurança nas operações industriais (Jardine; Lin; Banjevic, 2006).

No campo da produtividade, observou-se que os robôs conectados e inteligentes podem reduzir tempos de parada, melhorar a regularidade das operações e favorecer maior aproveitamento dos recursos produtivos. Entretanto, a produtividade não depende apenas da velocidade dos equipamentos, mas também da estabilidade do processo, da confiabilidade dos dados e da capacidade da organização de utilizar as informações geradas para corrigir gargalos e aperfeiçoar rotinas industriais (Xu; He; LI, 2014; Gubbi et al., 2013).

Quanto à qualidade, a literatura analisada demonstrou que a integração entre IoT, IA e robótica contribui para maior padronização, redução de variações e identificação mais rápida de defeitos. Sensores e sistemas de visão computacional podem acompanhar parâmetros críticos da produção, enquanto algoritmos inteligentes auxiliam na detecção de anomalias. Com isso, o controle da qualidade tende a se deslocar de uma lógica apenas corretiva para uma abordagem mais preventiva e integrada ao processo produtivo (Montgomery, 2019; Szeliski, 2022).

A manutenção industrial também foi identificada como uma das áreas mais beneficiadas por essas tecnologias. O uso de sensores conectados permite acompanhar a condição real dos robôs, enquanto a IA pode prever falhas a partir de sinais de desgaste, vibração, temperatura ou comportamento fora do padrão. Essa abordagem fortalece a manutenção preditiva, reduz paradas não planejadas e melhora a disponibilidade dos equipamentos, especialmente em linhas produtivas dependentes de células robotizadas (Mobley, 2002; Jardine; Lin; Banjevic, 2006).

No aspecto da segurança, verificou-se que robôs industriais podem reduzir a exposição humana a tarefas perigosas, repetitivas, pesadas ou realizadas em ambientes agressivos. Além disso, sensores, sistemas inteligentes e robôs colaborativos podem contribuir para operações mais seguras, desde que sejam respeitados critérios técnicos, normas de segurança, treinamento adequado e avaliação contínua dos riscos. Portanto, a automação inteligente não elimina a necessidade de gestão da segurança, mas amplia os recursos disponíveis para sua melhoria (Villani et al., 2018; Sheridan, 2016).

Apesar dos benefícios, a pesquisa também identificou desafios relevantes para a implantação dessas tecnologias. Entre eles, destacam-se os custos de aquisição e integração, a necessidade de infraestrutura digital, a interoperabilidade entre sistemas, a segurança da informação, a qualificação profissional e a resistência organizacional. Esses fatores demonstram que a adoção de IoT, IA e robótica industrial não deve ser tratada apenas como investimento tecnológico, mas como processo de mudança organizacional e gerencial (Boyes et al., 2018).

Conclui-se que a Internet of Things e a Inteligência Artificial ampliam significativamente o potencial dos robôs na indústria, tornando-os mais conectados, monitoráveis e capazes de apoiar decisões produtivas. Contudo, os ganhos esperados dependem da capacidade da organização de alinhar tecnologia, processos, pessoas e objetivos estratégicos. Assim, a automação inteligente deve ser planejada de forma integrada, considerando produtividade, qualidade, manutenção, segurança e desempenho operacional (Atzori; Iera; Morabito, 2010; Gubbi et al., 2013).

Como limitação, destaca-se que este estudo foi desenvolvido por meio de revisão bibliográfica, sem realização de pesquisa de campo, estudo de caso ou análise empírica em empresa específica. Essa delimitação permitiu compreender o tema a partir da literatura especializada, mas não possibilitou mensurar diretamente os impactos da IoT e da IA em uma linha de produção real. Portanto, os resultados apresentados possuem caráter teórico e interpretativo, adequado ao objetivo do trabalho e ao formato metodológico adotado (Gil, 2017; Severino, 2017).

Para pesquisas futuras, recomenda-se a realização de estudos aplicados sobre o uso de robôs industriais conectados em diferentes setores produtivos, como automobilístico, metalmeccânico, alimentos, eletrônico e logístico. Também se sugere investigar os impactos econômicos da automação inteligente, os desafios de capacitação da mão de obra, a segurança da informação em ambientes robotizados e a aplicação de robôs colaborativos em pequenas e médias indústrias. Essas abordagens podem ampliar a compreensão sobre a viabilidade técnica, econômica e organizacional da integração entre IoT, IA e robótica industrial (Villani et al., 2018; Boyes et al., 2018).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AJOUDANI, A. et al. Progress and prospects of the human-robot collaboration. **Autonomous Robots**, v. 42, p. 957-975, 2018.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The Internet of Things: a survey. **Computer Networks**, v. 54, n. 15, p. 2787-2805, 2010.

BISHOP, C. M. **Pattern recognition and machine learning**. New York: Springer, 2006.

BOYES, H. et al. The industrial internet of things (IIoT): an analysis framework. **Computers in Industry**, v. 101, p. 1-12, 2018.

CRAIG, J. J. **Introduction to robotics: mechanics and control**. 4. ed. Harlow: Pearson, 2018.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GUBBI, J. et al. Internet of Things (IoT): a vision, architectural elements, and future directions. **Future Generation Computer Systems**, v. 29, n. 7, p. 1645-1660, 2013.

JARDINE, A. K. S.; LIN, D.; BANJEVIC, D. A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. **Mechanical Systems and Signal Processing**, v. 20, n. 7, p. 1483-1510, 2006.

MOBLEY, R. K. **An introduction to predictive maintenance**. 2. ed. Amsterdam: Butterworth-Heinemann, 2002.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to statistical quality control.** 8. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2019.

MURPHY, K. P. **Machine learning:** a probabilistic perspective. Cambridge: MIT Press, 2012.

OAKLAND, J. S. **Total quality management and operational excellence:** text with cases. 4. ed. London: Routledge, 2014.

OUSSAMA, S. B. K. . **Springer handbook of robotics.** 2. ed. Cham: Springer, 2016.

RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. **Artificial intelligence:** a modern approach. 4. ed. Hoboken: Pearson, 2021.

SADEGHI, A.-R.; WACHSMANN, C.; WAIDNER, M. **Security and privacy challenges in industrial internet of things.** Design Automation Conference. San Francisco: ACM. 2015. p. 1-6.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico.** 24. ed. São Paulo: Cortez, 2017.

SPONG, M. W.; HUTCHINSON, S.; VIDYASAGAR, M. **Robot modeling and control.** 2. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2020.

SZELISKI, R. **Computer vision:** algorithms and applications. 2. ed. Cham: Springer, 2022.

VILLANI, V. et al. Survey on human-robot collaboration in industrial settings: safety, intuitive interfaces and applications. **Mechatronics**, v. 55, p. 248-266, 2018.

XU, L. D.; HE, W.; LI, S. Internet of Things in industries: a survey. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 10, n. 4, p. 2233-2243, 2014.

¹ Master in Master of Science in Emergent Technologies in Education. MUST University, MUST, EUA, Academic of the Doctoral Program in Regional Development and Environment (PGDRA/UFRO). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8539-4023>

² Computer Engineering – UniSAPIENS. Porto Velho - RO, Brasil.

³ Mestranda do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente - PGDRA/UFRO. Brasil.

⁴ Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental (UFABC). Doutorando em Manejo de Solo e Água (UFERSA). Coordenador de Cursos, Centro Universitário UniÚnica - MG, Brasil.

⁵ Doutorando do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente - PGDRA/UFRO. Brasil.

⁶ Professor and researcher, PhD in Regional Development and Environment (UFRO). PGDRA Coordinator/UFRO, Brazil.

⁷ PhD in Physics (UFC), with post-doctorate in Scientific Regional Development (DCR/CNPq). Production Engineering Specialist (FUNIP)/MBA in Software Engineering/Systems Analysis and Development – UniÚnica. Researcher of the Doctoral and Master Program in Regional Development and Environment (PGDRA/UFRO). Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4173-4636>

