

O S BENEFÍCIOS DA ROBÓTICA NA MANUFATURA NA ERA DA INDÚSTRIA 4.0: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

¹Renan Rubim de Castro Souza & ²Cristiane Drebes Pedron

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo é identificar os benefícios esperados com a adoção de tecnologias de robótica na manufatura.

Originalidade/Valor: Este estudo preenche a lacuna teórica sobre os benefícios da robótica na manufatura, além da substituição de mão de obra, aprofundando a compreensão das vantagens na Indústria 4.0 e contribuindo para o desenvolvimento de futuras tecnologias e práticas industriais.

Métodos: Uma Revisão Sistemática da Literatura analisou 35 artigos das bases Scopus e *Web of Science*, utilizando um protocolo estruturado, resultando em uma análise detalhada dos benefícios em categorias temáticas.

Resultados: A adoção da robótica na manufatura oferece benefícios como aumento na eficiência produtiva, melhoria na qualidade, maior competitividade, melhorias ergonômicas e de segurança, e redução de custos operacionais. Esses benefícios foram agrupados em cinco categorias principais.

Conclusões: O valor do artigo reside em fornecer uma visão abrangente dos benefícios da robótica na manufatura, com implicações para a teoria e a prática, destacando a importância de políticas públicas que incentivem a adoção segura dessas tecnologias.

Palavras-chave: Robótica. Gerenciamento de Projetos. Gerenciamento de benefícios. Mudanças tecnológicas. Desafios globais.

FUTURE STUDIES RESEARCH JOURNAL
Scientific Editor: Renata Giovinazzo Spers
Evaluation: Double Blind Review, pelo SEER/OJS
Received: 03/09/2024
Accepted: 07/01/2024

¹ Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, (Brasil). E-mail: renanrubimdecastrosouza@gmail.com
Orcid id: <https://orcid.org/0009-0007-6170-0173>

² Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, (Brasil). E-mail: cdpedron@gmail.com Orcid id: <https://orcid.org/0000-0002-9920-3830>

THE BENEFITS OF ROBOTICS IN MANUFACTURING IN THE ERA OF INDUSTRY 4.0: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

ABSTRACT

Objective: The objective of this study is to identify the expected benefits of adopting robotics technologies in manufacturing.

Originality/Value: This study fills the theoretical gap regarding the benefits of robotics in manufacturing, beyond mere labor substitution, deepening the understanding of the advantages in Industry 4.0 and contributing to the development of future technologies and industrial practices.

Methods: A Systematic Literature Review analyzed thirty-five articles from the Scopus and Web of Science databases, using a structured protocol, resulting in a detailed analysis of the benefits grouped into thematic categories.

Results: The adoption of robotics in manufacturing offers benefits such as increased production efficiency, improved quality, greater competitiveness, ergonomic and safety enhancements, and reduced operational costs. These benefits were grouped into five main categories.

Conclusions: The value of the article lies in providing a comprehensive overview of the benefits of robotics in manufacturing, with implications for both theory and practice, highlighting the importance of public policies that encourage the safe adoption of these technologies.

Keywords: Robotics. Project Management. Benefits Management. Technological Change. Global Challenges.

LOS BENEFICIOS DE LA ROBÓTICA EN LA MANUFACTURA EN LA ERA DE LA INDUSTRIA 4.0: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de este estudio es identificar los beneficios esperados con la adopción de tecnologías de robótica en la manufactura.

Originalidad/Valor: Este estudio llena la brecha teórica sobre los beneficios de la robótica en la manufactura, más allá de la sustitución de mano de obra, profundizando en la comprensión de las ventajas en la Industria 4.0 y contribuyendo al desarrollo de futuras tecnologías y prácticas industriales.

Métodos: Uma Revisión Sistemática de la Literatura analizó 35 artículos de las bases Scopus y Web of Science, utilizando un protocolo estructurado, lo que resultó en un análisis detallado de los beneficios agrupados en categorías temáticas.

Resultados: La adopción de la robótica en la manufactura ofrece beneficios como el aumento en la eficiencia productiva, mejora en la calidad, mayor competitividad, mejoras ergonómicas y de seguridad, y reducción de costos operativos. Estos beneficios se agruparon en cinco categorías principales.

Conclusiones: El valor del artículo radica en proporcionar una visión integral de los beneficios de la robótica en la manufactura, con implicaciones tanto para la teoría como para la práctica, destacando la importancia de políticas públicas que incentiven la adopción segura de estas tecnologías.

Palabras clave: Robótica. Gestión de Proyectos. Gestión de Beneficios. Cambio Tecnológico. Desafíos Globales.

1. INTRODUÇÃO

Muito provavelmente, a Indústria 4.0 (I4.0) culminará nas designadas “fábricas do futuro”, as quais trarão filosofias de produção inovadoras, englobando a digitalização, a reconfiguração das estruturas organizacionais e operacionais (Botha, 2019). Também acarretará a necessidade de novas competências e talentos em recursos humanos, a integração da produção com a logística, a reestruturação e a agilização da cadeia de valor, além da criação de novos modelos de negócios e fontes de receita. Além disso, será enfatizada a importância da segurança cibernética e o cumprimento de normativas legais ainda em desenvolvimento (Botha, 2019). As inovações introduzidas pela I4.0 estão promovendo mudanças significativas nos processos produtivos, sendo a tendência para a automação completa uma de suas características mais marcantes. Apesar da robotização ter início na década de 1960, a automação inteligente moderna representa uma nova maneira de estruturar a produção, a coleta de dados e os sistemas, constituindo um avanço para a digitalização integral da I4.0 (Anzolin & Andreoni, 2023).

Com o foco crescente pela digitalização e pela denominada Quarta Revolução Industrial (4IR), a interação entre as tecnologias de produção digital e os modelos organizacionais ainda permanecem em parte inexplorada (Anzolin & Andreoni, 2023). Os robôs, como instrumentos de automação, estão se expandindo por todas as áreas da sociedade por meio de sua integração com a Inteligência Artificial (IA) e a Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT), modificando cada aspecto do nosso dia a dia (Wang, Zhou & Chiao, 2023). Além disso, a adoção da I4.0 potencializa o impacto dos robôs industriais na inovação tecnológica (Lee, Qin & Li, 2022). Isso faz com que exista uma concorrência global intensa, custos laborais elevados e incertezas

no mercado, uma vez que o setor manufatureiro busca acelerar a inovação, encurtar os ciclos de vida dos produtos e aumentar sua variedade, adotando a robotização para melhorar a produtividade, a precisão e a flexibilidade da manufatura (Luo & Qiao, 2023).

As organizações precisam adotar estratégias que priorizem adaptabilidade, confiabilidade e inovação para se inserirem rapidamente no mercado global (Gomes & Romão, 2018). Historicamente, os projetos têm sido fundamentais para promover inovações e mudanças dentro das empresas, embora a habilidade de adaptação não seja universal (Dupont & Eskerod, 2016). Muitas vezes, as organizações buscam minimizar esforços de mudança por meio de projetos, mas os benefícios esperados nem sempre são alcançados (Ietto et al., 2022). Apesar do crescente interesse pela digitalização e pela 4ª Revolução Industrial, a interação entre tecnologias de produção digital e modelos organizacionais ainda é pouco explorada (Anzolin & Andreoni, 2023). Mesmo com o avanço da robotização, pouco se sabe sobre os impactos na saúde e segurança dos trabalhadores (Gihleb et al., 2022).

A transformação digital tem o potencial de gerar aproximadamente 100 bilhões de dólares em valor adicional na próxima década, impulsionando o desenvolvimento de novos empreendimentos e otimizando negócios existentes com tecnologias digitais (Woitsch, 2020). O mercado de robôs inteligentes deve crescer de US\$ 3,69 bilhões em 2023 para US\$ 19,331 bilhões até 2032, com uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 23,00% (Market Research Future, 2024). No entanto, segundo o Índice de Transformação Digital Brasil 2023 da PwC, apenas 12% das empresas investem em I4.0, e cerca de 70% dessas iniciativas, incluindo a Robótica, não atingem seus objetivos (McKinsey, 2020).

Há, portanto, uma necessidade urgente de pesquisas que explorem como as organizações podem usar tecnologias da I4.0 para aumentar a flexibilidade na manufatura (Enrique et al., 2022). Estudos têm focado na substituição de empregos e deslocamento laboral, negligenciando outros fatores críticos da robotização (Anzolin & Andreoni, 2023). Além disso, faltam pesquisas empíricas sobre a eficácia das tecnologias emergentes, como robôs colaborativos, e a identificação dos obstáculos e vantagens dessa implementação (Hwang & Kim, 2021; Schumacher et al., 2022).

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo identificar quais são os benefícios esperados em função da adoção das tecnologias da robótica. Assim, este artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2, o referencial teórico; na Seção 3, a metodologia; na Seção 4, a apresentação dos resultados. Na última seção, são apresentadas as considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico abordará questões sobre Indústria 4.0 e Inovação, Adoção da Robótica na Manufatura e Benefícios em Projetos.

2.1 Indústria 4.0 e Inovação

A I4.0 ou 4IR (*Fourth Industrial Revolution*) introduz novos recursos tecnológicos de informação e comunicação com a produção (Shi et al., 2020). A I4.0 traz o conceito central de integração horizontal no gerenciamento da produção, se tornando um desafio para integração de objetos, serviços, dados e pessoas (Kanski & Pizon, 2023).

A I4.0 possibilitou a fusão tecnológica de CPS (*Cyber-Physical Systems*), que são compostos por componentes computacionais colaborativos projetados para supervisionar entidades físicas e processos de fabricação por meio de comunicação baseada na Internet (Kumar et al., 2021). Neste ambiente, a I4.0 origina do projeto relacionado a manufatura digital, implementando nove pilares tecnológicas, sendo: integração de sistemas, big data, simulação, manufatura aditiva, realidade aumentada, computação em nuvem e cibersegurança, robôs autônomos e inteligentes, e IoT (Rane et al., 2021). Com a implementação dessas tecnologias, tornou-se viável converter fábricas tradicionais em instalações inteligentes, resultando na geração de valor para o processo de manufatura e aprimoração da flexibilidade, ampliação contínua da gama de produtos e personalização (Forcina & Falcone, 2021; Kumar et al., 2021).

A inovação incentivada pela tecnologia de automação, como componente-chave da 4IR, aumentou expressivamente nos últimos anos com o rápido desenvolvimento da IA e dos robôs (Wang, Zhou & Chiao, 2023). Com base na observação do sistema nacional de inovação japonês, surge o conceito de Sistemas de Inovação, tornando-se popular entre acadêmicos, profissionais e formuladores de políticas desde o início dos anos 2000 (Li, Liang, Tell & Xue, 2021). Ainda segundo os autores, a estrutura do sistema setorial foi adotada para estudar a inovação e a dinâmica industrial numa ampla gama de setores. Neste contexto, a I4.0 muda a forma como os processos de negócio são organizados, sendo um dos fatores econômicos que mais poderiam beneficiar da adoção dessas tecnologias em termos de produtividade e competitividade global (Bettiol, Capestro, Di Maria & Ganau, 2023).

Os ambientes de mercado da economia global têm mudado rapidamente, tornando a inovação cada vez mais importante, tanto para as empresas multinacionais quanto para os novos entrantes (Li et al., 2021). Este método de mudança é específico para cada estratégia digital de

uma organização, sendo moldado pelo desafio enfrentado, pela cultura, habilidades e capacidade da organização, pela condição do mercado e pela necessidade de inovação, bem como pela estratégia, valores e métodos da organização, além do envolvimento das partes interessadas e dos parceiros (Woitsch, 2020). Dessa forma, o desenvolvimento atual das tecnologias da 4ª Revolução Industrial como a IA, a computação em nuvem, a produção aditiva, a robótica avançada, o IoT, está remodelando os setores existentes, acarretando oportunidades e desafios para as empresas (Li et al., 2021; Wang, Zhou & Chiao, 2023).

A I4.0 constitui um esquema estratégico visando a criação de sistemas de manufatura avançados e automatizados, simbolizando um novo patamar na indústria de transformação que envolve impulsionar a evolução industrial inteligente por meio do emprego de dados e tecnologia digital (Lee, Qin & Li, 2022). O termo I4.0 teve origem na feira de “Hannover 2011”, nome da iniciativa comum de uma ideia de fortalecimento da competitividade da indústria alemã e inventado por três engenheiros: Kagermann, Wahlster e Lukas (Obermayer, Csizmadia, Hargitai & Kigyós, 2020). Assim, nasceu o conceito de I4.0 para uma definição mais abrangente de sistemas cibernéticos e físicos como uma combinação de ferramentas digitais e máquinas físicas (Bettioli et al., 2023).

Decorrente dos ambientes tecnológicos e de mercado em rápida mudança, os governos de diferentes países formularam políticas para enfrentar os novos desafios na era da I4.0 (Li et al., 2021). O desafio é encontrar métodos, instrumentos e ferramentas adequados que apoiem as organizações durante as fases de mudança (Woitsch, 2020). Por exemplo, o governo dos EUA lançou iniciativas de fabricação avançada para aumentar a competitividade do país e na China, o Conselho de Estado divulgou um plano estratégico denominado “*Made in China 2025*” (Li et al., 2021). Enquanto alguns adotam abordagens mais holísticas, focando em superar desafios sociais e ambientais com inovações, destaca-se a “Sociedade 5.0” do Japão, enfatizando a harmonia entre desenvolvimento econômico e questões sociais em uma era de integração entre espaços físicos e digitais (Li et al., 2021).

O futuro da indústria de manufatura será definido e direcionado pela I4.0, sustentada pela digitalização, IoT Industrial, sistemas ciber físicos, hiper conexão, e o uso e análise de grandes quantidades de dados, impulsionando rapidamente novas demandas por inovação no setor (Botha, 2019). A transformação digital é uma megatendência global que é desencadeada pela evolução da tecnologia digital, que tem o potencial para cada organização otimizar o seu negócio por meio de uma inovação ou da disrupção digital (Woitsch, 2020). Segundo os autores, o desafio para cada organização é identificar e personalizar a inovação digital

adequada. Neste contexto, a I4.0 e a fabricação inteligente promovem significativamente a ampla aplicação de robôs industriais (Lee, Qin & Li, 2022).

Robôs, como ferramentas de automação, estão se infiltrando em todas as facetas da sociedade ao serem integrados à IA e IoT, transformando cada aspecto de nossa rotina diária (Wang, Zhou & Chiao, 2023). Além disso, a implementação da I4.0 favorece os efeitos dos robôs industriais na inovação tecnológica (Lee, Qin & Li, 2022). A inovação impulsionada por robôs e tecnologias robóticas parecem inacessíveis inicialmente, mas suas origens são complexas e muitas vezes negligenciam as contribuições não convencionais (Wang, Zhou & Chiao, 2023). Dessa forma, Martin et al. (2022), enfatizam a necessidade de adotar a robótica no setor de manufatura, visando a flexibilidade e a otimização dos processos de produção.

2.2 Adoção da Robótica na Manufatura

A inovação em robótica implica na combinação e flexibilidade dos sistemas de produção, incorporando desde equipamentos automatizados e robôs autônomos até máquinas colaborativas (Bettiol et al., 2021). Esses sistemas incorporam o uso de robôs interconectados com diversas tecnologias digitais, como sensores, IA, aprendizado de máquina, IoT, computação em nuvem, análise de grandes volumes de dados (*big data*) e impressão 3D (Bettiol et al., 2021). Essas inovações tecnológicas são predominantemente aplicadas nos processos produtivos devido ao seu impacto na eficiência, produtividade e geração de empregos (Bettiol et al., 2021).

Os robôs estão assumindo um papel crescente no dia a dia, impactando esferas sociais e profissionais ao executarem uma ampla gama de atividades em lares e locais de trabalho (Leenes et al., 2017). Eles também estão envolvidos na operação de veículos autônomos e no aprimoramento dos sistemas de transporte coletivo (Leenes et al., 2017). Contudo, à medida que o campo da robótica se expandiu e se entrelaçou com outras tecnologias, torna-se cada vez mais desafiador estabelecer uma definição amplamente aceita para o termo "robô" (Leenes et al., 2017).

O progresso na área da robótica resultou na criação de robôs inteligentes, também conhecidos como "*smart robots*" (Westerlund, 2020). Ainda segundo o autor, esses são sistemas autônomos de IA que podem colaborar com seres humanos, aprendendo com seu ambiente operacional, experiências e *feedback* do comportamento humano na interação humano-máquina. Essa capacidade de aprendizado visa aprimorar continuamente o desempenho e as

capacidades desses robôs inteligentes (Westerlund, 2020). Segundo Westerlund (2020), a aparência dos robôs é menos importante do que a facilidade de comunicação, o treinamento para realizar tarefas específicas e a eficácia na resolução de atividades.

Há diversas formas de classificar robôs, diferentes tipologias conceituais que consideram a função e o domínio de aplicação do robô, o nível de antropomorfismo, a finalidade ou tarefa de sua operação, sua capacidade de adaptação ao ambiente, e o grau de cognição e recursos afetivos do robô (Westerlund, 2020). Leenes et al. (2017) defendem a ideia de que os robôs podem ser classificados com base em sua autonomia, função, ambiente de operação e interações com a interação humano-máquina.

A avaliação do impacto da adoção da robótica industrial nos negócios é cada vez mais proeminente no atual cenário de transformação digital (Ballestar, Díaz-Chao, Sainz & Torrent-Sellens, 2021). Diante da acirrada concorrência global, altos custos laborais e incertezas de mercado, a indústria manufatureira busca acelerar a inovação, reduzir ciclos de vida dos produtos e ampliar sua diversidade, recorrendo à robotização para elevar produtividade, precisão e flexibilidade (Luo & Qiao, 2023). Empresas inovadoras adotam estratégias proativas, incluindo lançamento de produtos novos, aprimoramento da qualidade, expansão da capacidade e investimentos em processos inovadores, liderando em adoção tecnológica e processual (Ballestar et al., 2021).

Dada a crescente demanda dos clientes, as empresas manufatureiras estão adotando sistemas robóticos devido à sua eficiência, qualidade e capacidade de operar por períodos prolongados (Zheng et al., 2023). Neste contexto, no ambiente competitivo atual, as indústrias utilizam constantemente robôs para executar diversas tarefas por serem mais econômicos e realizarem tarefas programadas com maior perfeição em menos tempo, comparados aos humanos (Komal, 2020).

Os robôs industriais são cada vez mais usados para executar tarefas normalmente atribuídas a humanos (Jia, Yang & Zhang, 2023). Os robôs, desenvolvidos inicialmente como tecnologia de automação para libertar os trabalhadores de tarefas sujas, perigosas e exigentes, tornaram-se indispensáveis na produção (Wang, Zhou & Chiao, 2023). Segundo os autores, os robôs possibilitam às empresas adotarem uma produção mais limpa, diminuindo os impactos negativos sobre seres humanos e o meio ambiente, reduzindo o consumo de energia e materiais, e tornando o processo produtivo mais eficiente. Os sistemas de fabricação robótica evidenciaram ser uma solução eficaz para as indústrias manufatureiras modernas lidarem com o aumento das demandas dos clientes e da concorrência no mercado (Zheng et al., 2023).

Os robôs industriais são fundamentais para a digitalização e para revolução inteligente, tornando os impactos econômicos e sociais decorrentes do uso desses robôs tópicos populares na área (Lee, Qin & Li, 2022). A gestão reconhece que a evolução tecnológica difere entre as organizações, sendo a adoção e implementação de novas tecnologias influenciadas pela capacidade das empresas de capitalizar oportunidades de valor tecnológico por meio de mudanças organizacionais (Anzolin & Andreoni, 2023). Neste contexto, os robôs podem realizar tarefas que incluem soldagem, pintura, montagem, manuseio e empacotamento com maior velocidade e precisão, operando em ambientes de produção de alta intensidade que são perigosos ou tóxicos para os seres humanos (Luo & Qiao, 2023).

Adotando uma abordagem de *design* personalizado, o envolvimento dos usuários na fase inicial de definição arquitetônica pode conectar suas necessidades com o projeto detalhado, minimizando iterações devido a discrepâncias entre o *design* e as expectativas do usuário (Zheng et al., 2023). Conforme o princípio da engenharia de sistemas, o conceito de *design* de configuração estabelece um processo de projeto que integra um conjunto de componentes pré-definidos, os quais possuem formas específicas de conexão (Mittal & Frayman, 1989; Zheng et al., 2023).

Dentro deste paradigma, diferentes abordagens de projetos para sistemas robóticos de fabricação foram sugeridas (Mittal & Frayman, 1989; Zheng et al., 2023). O co-projeto e a co-criação conjunta de sistemas robóticos, juntamente com o desenvolvimento de soluções automatizadas para o setor industrial, tem experimentado um crescimento acelerado nos esforços de desenvolvimento nos últimos anos (El Souri & Gao, 2022).

Fernandes e O’Sullivan (2021) demonstraram que muitos programas e projetos relacionados não alcançam seus benefícios potenciais principalmente porque não estão alinhados com a estratégia organizacional. Reconhecendo os benefícios da inovação, identifica-se a liderança visionária, assim como as pessoas, estruturas e valores, como elementos cruciais que influenciam a capacidade de uma organização em aproveitá-los (Ashurst, Freer, Ekdahl & Gibbons, 2012). Em projetos robóticos colaborativos e industriais, a investigação e desenvolvimento, somados à implementação de soluções técnicas, têm trazido ganhos expressivos, oferecendo a empresas de variados portes justificativas de custo e benefícios e uma compreensão aprimorada dos requisitos técnicos para sua adoção na manufatura (El Souri & Gao, 2022).

2.3 Benefícios em Projetos

Um projeto representa um esforço delimitado, criado com o propósito de entregar um produto ou serviço único, seguindo um cronograma e orçamento pré-determinados, com o objetivo de solucionar questões ou atender demandas sociais (Samset, 2009). Apesar do Gerenciamento de Projetos (GP) ser muito conhecido atualmente, evidências históricas como as pirâmides de Gizé e o Coliseu, evidenciam que essa prática é aplicada há muitos séculos (Marnewick & Marnewick, 2019). Ainda segundo os autores, o segundo período de GP começou no final da década de 1950, com a introdução do caminho crítico; o terceiro período ocorreu nas décadas de 1980 e 1990, com a introdução dos computadores pessoais; e o quarto período está presente até o momento, decorrente de mais tecnologias introduzidas.

O GP engloba a responsabilidade de organizar, implementar e supervisionar todas as tarefas requeridas para cumprir as metas do projeto, respeitando os limites de prazo, orçamento, qualidade e recursos disponíveis (Turner & Müller, 2003). Surge uma tendência clara de implementação de projetos voltados para a I4.0, com um papel relevante e impactando em diferentes áreas (Farina & Fontana, 2021). Neste contexto, competências em aspectos técnicos e comportamentais apropriados para operar em ambientes de rápidas mudanças, volatilidade e elevados riscos são demandadas pelas novas tecnologias e estratégias digitais (Gonçalves et al., 2023).

Segundo Gonçalves et al. (2023) nem todas as práticas e abordagens de GP são consideradas adequadas, o que torna necessário examinar os métodos existentes, com foco em novas tecnologias, a fim de recomendar as contribuições e adaptá-las à diversidade de projetos que exigem diferentes práticas de gestão. No futuro, é possível que a maioria dos gestores de projetos se tornem gestores de projetos digitais, o que ressalta a importância de compreender os desafios e benefícios, assim como desenvolver competências digitais tanto para indivíduos quanto para organizações (Wu, 2021). Neste ambiente de rápidas e disruptivas mudanças, estão incluídos projetos de tecnologias habilitadoras, tais como robótica avançada, tecnologias da computação, automação e outras inovações (Vido et al., 2020).

O gerenciamento de projetos tem apresentado avanços alinhados às dimensões do triângulo de ferro - escopo, custo e tempo - embora tenha sido menos eficaz em atingir os benefícios esperados dos projetos (Zwikael, Chih & Meredith, 2018). Segundo Aubry, Boukri e Sergi (2021), o gerenciamento de benefícios surgiu como uma prática popular, ainda que sua implementação e operacionalização nas empresas enfrentem desafios significativos. Aubry, Boukri e Sergi (2021) evidenciaram a complexidade na definição de benefícios, dada a

variedade de interpretações do termo. No contexto empresarial atual, caracterizado por mudanças contínuas, as organizações devem adaptar-se e ser capazes de navegar nessas transformações para assegurar sua sobrevivência e crescimento (Gomes & Romão, 2018). Isso implica a adoção de estratégias que garantam uma rápida inserção no mercado global, enfatizando a flexibilidade, a confiabilidade e a inovação em produtos e serviços (Gomes & Romão, 2018).

As organizações devem iniciar projetos de transformação e adaptar-se a mudanças inevitáveis e desafiadoras para alcançar os benefícios esperados de novas iniciativas (Dupont & Eskerod, 2016). A capacidade de entregar e absorver mudanças, no entanto, nem sempre está presente, embora muitas organizações tenham um ímpeto por mudanças (Dupont & Eskerod, 2016). Assim, a inovação exerce um papel estratégico básico para muitas empresas (Ashurst, Freer, Ekdahl & Gibbons, 2012). De acordo com a história, projetos são reconhecidos como meios eficazes para gerar mudanças e novidades nas organizações (Dupont & Eskerod, 2016). A literatura de pesquisa que relata o impacto do gerenciamento de benefícios de projetos organizacionais é bastante ampla e bastante fragmentada; enquanto muitos lidaram com os problemas de pré-adoção, muitos mais estudaram os problemas durante e após a adoção do Gerenciamento de Benefícios de Projetos Organizacionais (Hamidi, 2017).

Considerando que não há consenso entre pesquisadores, a gestão de benefícios é definida como um processo de gestão interessado em benefícios que abrangem todas as etapas de um projeto - desde as decisões de investimento até a entrega do projeto, passando pela realização dos benefícios (Aubry, Boukri & Sergi, 2021). Os autores optaram por essa concepção global, pois permite uma ampla investigação de todas as atividades relacionadas à gestão de benefícios, não se limitando a etapas ou aspectos técnicos específicos (Aubry, Boukri & Sergi, 2021). Neste contexto, atualmente as organizações enfrentam o desafio de passar da entrega de produtos para a geração de valor e benefícios (Gomes & Romão, 2018).

Compreender a gestão de benefícios é fundamental, pois os benefícios são frutos de transformações nos negócios, definidos pela diferença entre o estado desejado e o atual (Hamidi, 2017). Os benefícios de projetos dividem-se em: (1) benefícios-alvo, objetivos pré-definidos pelo financiador para serem obtidos com o investimento no projeto; e (2) benefícios fortuitos, que surgem espontaneamente durante a execução do projeto (Zwikael, Chih & Meredith, 2018). Benefícios-alvo como a redução de custos operacionais são importantes para decisões de investimento, proporcionar lucidez na gestão do projeto e, conseqüentemente,

estimular melhorias no desempenho organizacional e do projeto a longo prazo (Zwikael, Chih & Meredith, 2018).

Dupont e Eskerod (2016) definem os benefícios do projeto como fluxos de valor que surgem de um projeto. Como os benefícios ocasionalmente surgem da adoção de uma nova tecnologia, a introdução de um programa de percepção de benefícios é cada vez mais visto como um importante mecanismo para gerenciar proativamente novas iniciativas (Doherty, Ashurst & Peppard, 2012). Considerando que os projetos são lançados como forma de alcançar metas estratégicas específicas, espera-se que eles auxiliem no desempenho empresarial da organização (Aubry, Boukri & Sergi, 2021). É importante a pesquisa sobre o sucesso da aplicação da tecnologia nas organizações, dada a elevada incidência de insucesso no que diz respeito a projetos de sistemas de informação (Clarke & Doherty, 2004).

3. METODOLOGIA

Essa pesquisa foi realizada por meio de uma revisão sistemática da literatura (RSL), para identificar quais são os benefícios esperados em função da adoção das tecnologias da robótica. As pesquisas acadêmicas relativas à incorporação de robôs têm se focado sobretudo na substituição de empregos e no impacto subsequente no deslocamento de mão de obra como a força motriz primária da robotização, deixando de lado outros fatores que podem ser fundamentais (Anzolin & Andreoni, 2023). Neste contexto, é importante identificar esses benefícios oriundos da adoção de projetos de robótica.

A RSL destaca-se como uma abordagem científica replicável, diferenciando-a de outras formas de revisão literária, como a revisão narrativa. Esse método reduz o escopo teórico ao definir claramente os construtos analisados, concentrando-se assim nos achados de pesquisas sistematizadas (Kanski & Pizon, 2023; Wang et al., 2023; Correa et al., 2023; Pollock & Berge, 2018).

De tal modo como sugerido por Pollock e Berge (2018), essa RSL adotou o protocolo com seis etapas-chave: (1) esclarecer metas e objetivos; (2) encontrar pesquisas relevantes; (3) coletar dados; (4) avaliar a qualidade dos estudos; (5) sintetizar evidências; (6) interpretar descobertas, conforme detalhado na Figura 1.

As fases e atividades aqui apresentadas visam garantir rigor, robustez e transparência nesse tipo de pesquisa e garantir sua credibilidade. Nesse contexto, a primeira fase dessa pesquisa foi motivada pelo seguinte questionamento: Quais são os benefícios das mudanças tecnológicas advindas da robótica no setor de manufatura?

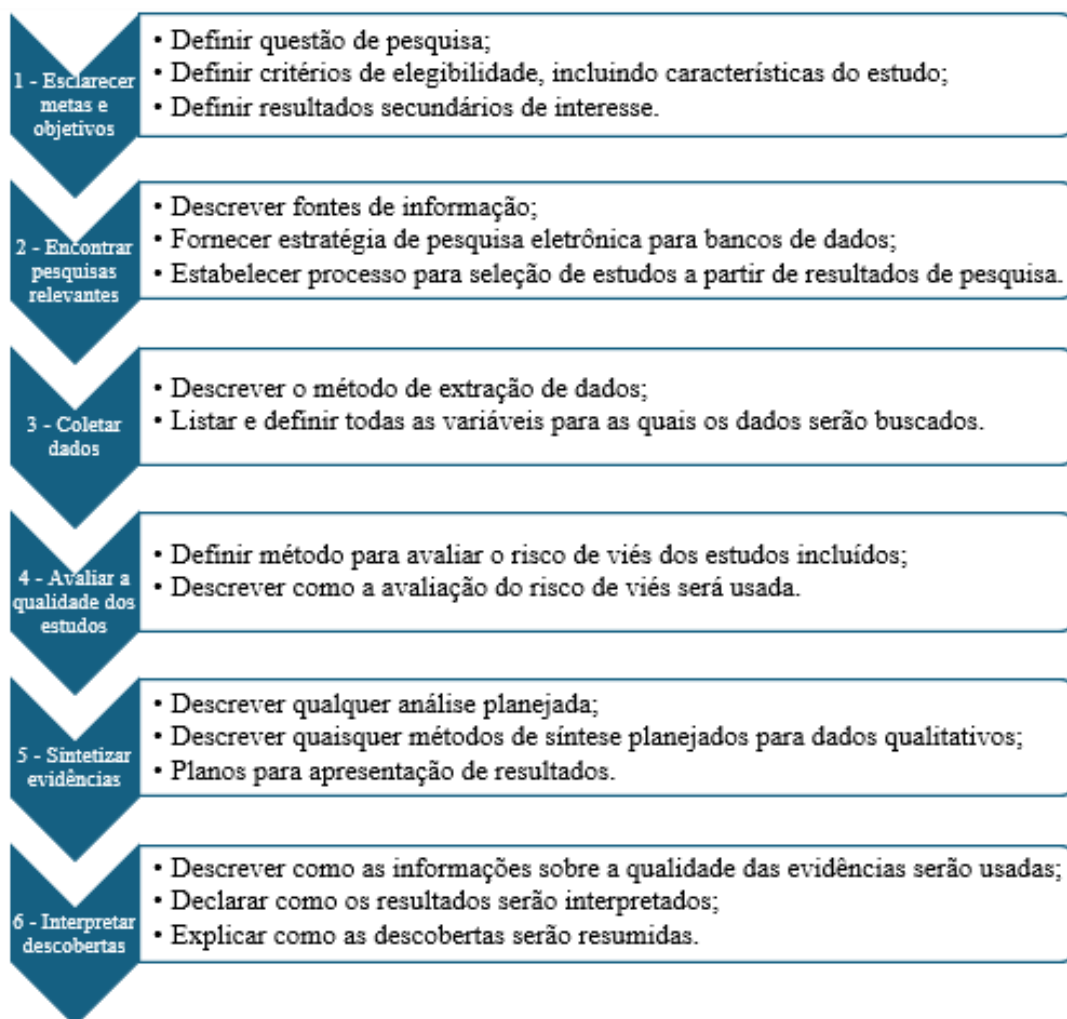


Figura 1. Protocolo da RSL detalhado
 Fonte: Adaptado de Pollock e Berge (2018)

A pesquisa foi realizada pela base de dados Scopus e *Web of Science* (WoS), pois atualmente são as principais bases de dados existentes de resumos e citações de literatura, cobrindo as principais revistas científicas em diferentes áreas do conhecimento (Correa et al., 2023). No protocolo inicial foi determinado a busca com a utilização de palavras-chave ‘*project**’ e ‘*robot**’. Neste contexto a *string* utilizada para realizar as buscas foram ((*manufact** OR *industr** OR *factor**) AND *robot** AND (*project** OR *adopt**)). É importante demonstrar que foi utilizado o operador booleano asterisco para não delimitar na busca ou exclusão de artigos relevantes. Dessa forma, *project** permite carregar artigos contendo as palavras: *projects*, *project management*, entre outras. A palavra 'adoção' (*adopt* em inglês) não foi usada como sinônimo de 'projeto', mas sim no contexto de que tecnologias inovadoras frequentemente utilizam esta palavra para se referir à sua implementação.

A escolha das palavras-chave seguiu critérios baseados em sua relevância e abrangência para responder à questão de pesquisa e garantir a identificação de estudos primários pertinentes, conforme recomendado por Pollock e Berg (2018). Utilizou-se uma combinação de termos gerais e específicos, como "robot*" e "project*", para incluir variações relacionadas ao tema principal, alinhando-se à necessidade de cobrir um corpo amplo e representativo de evidências. A abordagem incluiu operadores booleanos e o uso do asterisco para assegurar que diferentes formas e contextos fossem contemplados, minimizando vieses de exclusão e ampliando a generalização dos resultados.

A pesquisa foi conduzida em dezembro de 2023, acessando as bases de dados Scopus e WoS. Para garantir consistência, os mesmos critérios e filtros foram aplicados em ambas as bases, focando exclusivamente em artigos científicos e descartando livros e outros tipos de publicações. Especificamente, selecionou-se o filtro de administração e negócios, campo que abrange o gerenciamento de projetos. Optou-se por incluir artigos publicados entre 2018 e 2023, visando capturar pesquisas sobre tecnologias inovadoras e disruptivas, que são de particular interesse neste estudo. Além disso, publicações oriundas de congressos também foram consideradas, dada a relevância atual do tema abordado.

O resultado da busca trouxe um total de 6469 artigos relevantes na busca realizada na base WoS e com os mesmos critérios de busca e filtros trouxe 16319 artigos dentro da base Scopus. Dessa forma, totalizando 22788 artigos selecionados, somando as duas bases de dados. Neste contexto foi utilizado a plataforma de análise *online* chamada Rayyan para mesclar e posteriormente remover os artigos duplicados, ou que não puderam ser extraídos. Foi possível resumir um total de 712 artigos. Segundo Pollock e Berge (2018), podemos verificar o procedimento exemplificado na Figura 2.

Ainda utilizando o Rayyan, foi realizada a triagem com base na análise de títulos e resumos, a fim de eliminar artigos irrelevantes para esta pesquisa. Esse fluxo composto por quatro etapas para construção segue o protocolo de Pollock e Berge (2018). Posteriormente, foram aplicados critérios de elegibilidade no conjunto de artigos, possibilitando excluir ou incluir de acordo com a questão principal da RSL.

Os critérios de inclusão determinados foram: (1) artigos associados a projetos ou adoção de robótica ou I4.0 no ambiente de manufatura, ou (2) Robôs Industriais e avançados (colaborativos e autônomo móvel), ou (3) artigos associados à gestão de Benefícios e benefícios em projetos. Esses critérios, para serem mantidos, podem aparecer com definição teórica, modelo ou estudos de casos. Em seguida, foi aplicado o critério de exclusão: artigos

associados à Robôs sociais, serviços médicos, *robotic process automation* (RPA), educacionais, *automated guided vehicle* (AGV) e ao segmento de ambiente de construção, área médica, hotel e agricultura.

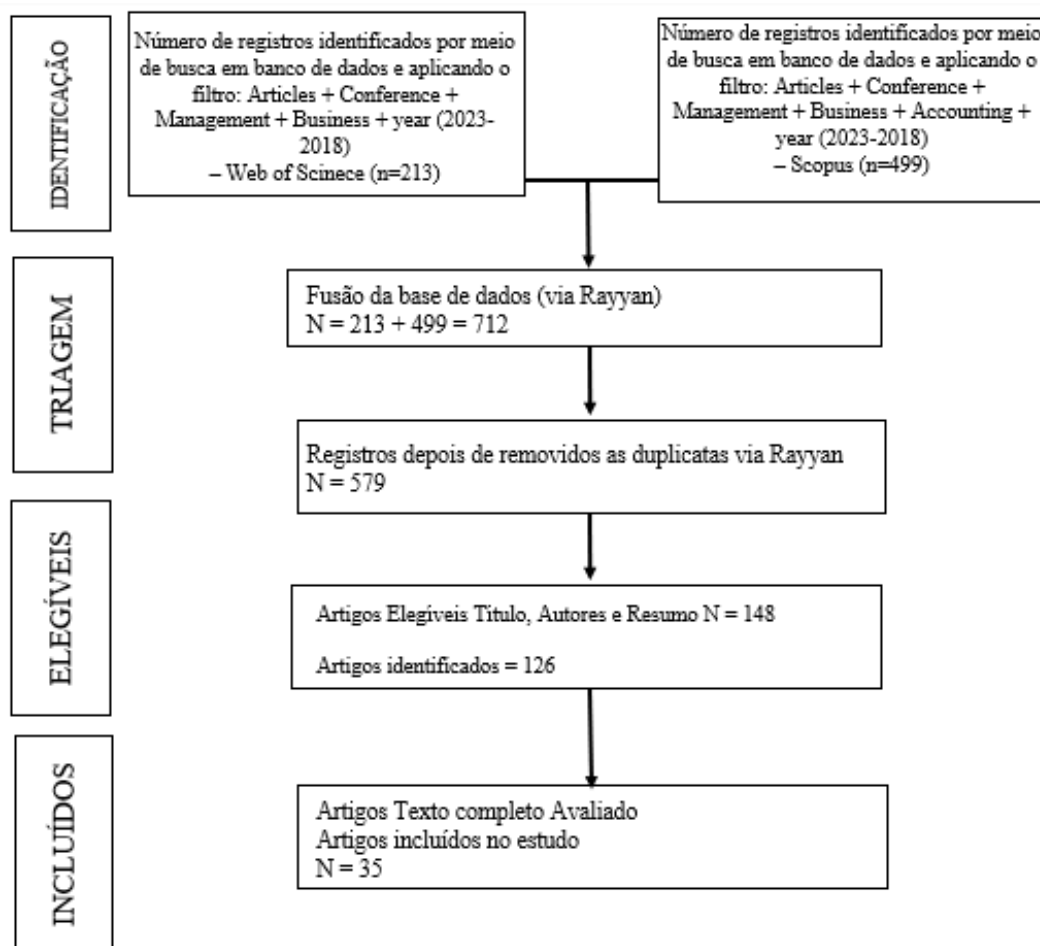


Figura 2. Diagrama de fluxo de pesquisa
 Fonte: Adaptado de Pollock e Berge (2018)

Foram identificados 579 artigos na RSL, que passaram pelo processo de triagem do título e resumos. Foram selecionados 148 artigos, que posteriormente foram exportados para uma planilha do Microsoft Excel. Nesta base foram encontrados 126 artigos que possuíam seus artigos disponíveis para consulta. Após a leitura completa dos artigos, foram eleitos 35 artigos que correspondiam ao tema central da pesquisa.

4. RESULTADOS

Nesta seção são apresentados os resultados das análises realizadas na RSL.

4.1 Contextualização

Nesta seção, é apresentada a contextualização, que ajuda a criar um quadro de referência facilitando a compreensão e a interpretação de informações. Isso possibilita uma análise mais detalhada e profunda sobre este tema.

4.1.1 Frequência periódicos ou conferências

Inicialmente, apresenta-se uma análise descritiva dos dados coletados dos artigos ou conferências. Ao analisar as fontes mais frequentes na RSL, conforme a Figura 3, destaca-se que a conferência Advances in Transdisciplinary Engineering teve o maior destaque com seis trabalhos. As revistas Labour Economics, Technology in Society, International Journal of Production Research, IEEE Transactions On Engineering Management, Journal Of Manufacturing Technology Management apresentaram dois artigos cada.

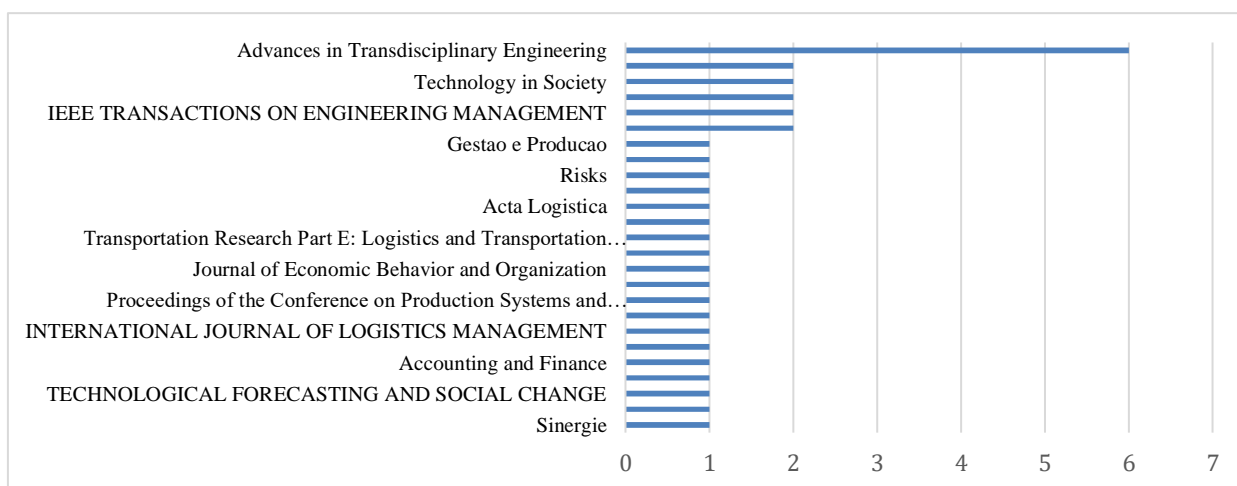


Figura 3. Total de artigos publicados por período na RSL

Fonte: Elaborado pelos autores

4.1.2 Frequência de publicações por ano

A área de robótica tem apresentado uma tendência ascendente em pesquisas sobre seus benefícios, conforme revela uma RSL entre 2018 e 2023. Em 2018, a base era incipiente, sem artigos destacados. Contudo, já em 2019, nota-se um leve crescimento, com dois artigos. O ano de 2020 marcou um aumento considerável, com cinco publicações, refletindo o crescente interesse na área. Em 2021, sete estudos aprofundaram o entendimento dos benefícios da robótica, e em 2022, o número saltou para dez. Finalmente, 2023 manteve a trajetória de

crescimento, somando onze artigos relevantes. Essa progressão evidencia a robótica como um campo fértil e em constante evolução, conforme Figura 4.

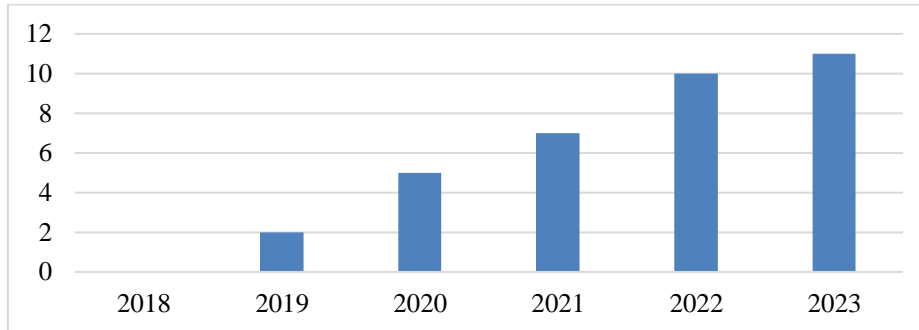


Figura 4. Total de artigos publicados por ano
 Fonte: Elaborado pelos autores

4.1.3 Frequência de autores

Ao examinar os autores das publicações mais frequentes na RSL, é notável que os 35 artigos incluídos no estudo envolvem 114 autores distintos, cada um deles aparecendo apenas com uma publicação. Os autores Martin, Sharma, Wang, Yang e Zanfei possuem cada um duas publicações identificadas na RSL, conforme mostrado na Figura 5. Já Anzolin, Gao, Le e Andreoni se destacam com três publicações cada na mesma revisão. Esta distribuição indica uma contribuição significativa desses autores no campo de estudo, apresentando uma produtividade ligeiramente superior.

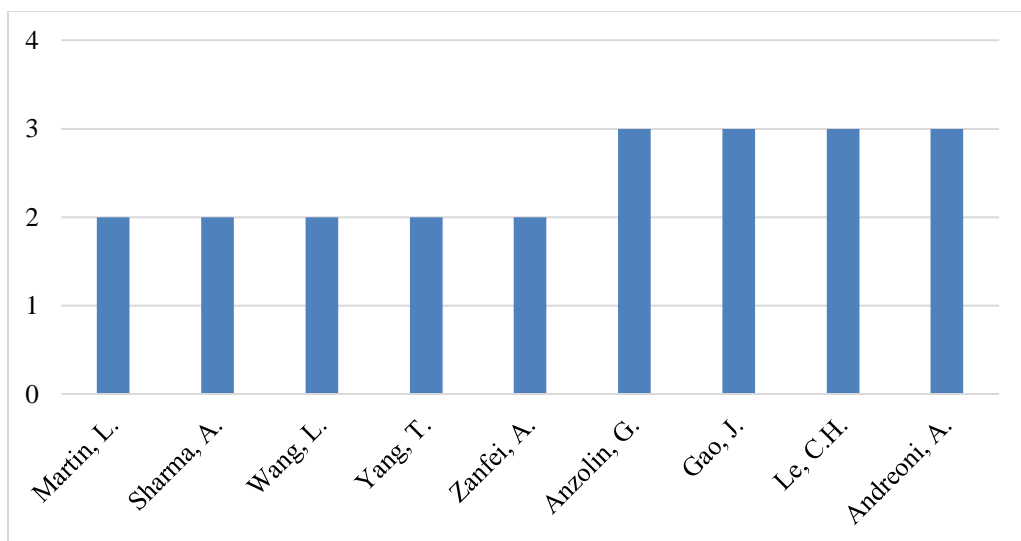


Figura 5. Total de artigos publicados por autor
 Fonte: Elaborado pelos autores

4.1.4 Frequência de tipos de estudo

A Tabela 1 apresenta uma distribuição dos tipos de estudos identificados nesta RSL. Nota-se que a Análise de dados secundários predomina com um total de doze estudos, indicando uma preferência por métodos que reutilizam dados previamente coletados para novas análises. Estudos de caso também são significativos, somando sete ocorrências, o que reflete a importância de investigações profundas em contextos específicos. Estudos mistos representam uma abordagem integrativa e somam quatro instâncias, combinando diversas metodologias: RSL e Análise de dados secundários; Estudo experimental e entrevistas; Análise de dados secundários e Estudo exploratório; e Estudo de caso e Análise de dados secundários. Estudos experimentais e Estudos exploratórios têm o mesmo número de aplicações, com quatro cada, mostrando um equilíbrio entre a busca por evidências causais e a exploração de novos fenômenos. *Surveys* aparecem menos, com três estudos, enquanto o RSL é o menos utilizado, com apenas um estudo registrado.

Tabela 1: Tipo de estudo aplicado

Tipo de Estudo	Quantidade
Surveys	3
Análise de dados secundários	12
Estudo de caso	7
Estudo experimental	4
Estudo exploratório	4
RSL	1
Estudos mistos	4

Fonte: Elaborado pelos autores

4.1.5 Frequência de metodologia de pesquisa

A Tabela 2 ilustra uma preferência clara pela abordagem quantitativa, com um total de dezenove ocorrências, destacando-se como a metodologia mais adotada nesse conjunto de estudos. A pesquisa qualitativa segue com dez incidências, indicando uma aplicação significativa, mas em menor escala comparada à quantitativa. Por fim, a abordagem mista, que combina elementos tanto qualitativos quanto quantitativos, apresenta seis ocorrências, sugerindo que uma parcela considerável dos pesquisadores opta por uma metodologia que integra as vantagens de ambas as abordagens para enriquecer a análise e compreensão dos dados.

Tabela 2: Metodologia de pesquisa aplicada

Metodologia de Pesquisa	Quantidade
Qualitativo	10
Quantitativo	19
Misto	6

Fonte: Elaborado pelos autores

4.2 Benefícios da Robótica

Nesta seção foram examinados os benefícios identificados nas pesquisas da RSL. A RSL englobou a análise de trinta e cinco artigos e resultou na identificação de cento e vinte e oito benefícios relacionados à área em foco, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Frequência dos benefícios

Agrupamento	Benefícios identificados	Frequência	TOTAL
Dinamismo e competitividade no mercado	Melhoria na competitividade	11	16
	Rápida transformação e inovação	5	
Aumento da lucratividade	Aumento da lucratividade	1	1
Aprimoramento da produtividade	Aumento da eficiência de produção	27	48
	Aumento da flexibilidade produtiva	9	
	Aumento na produtividade	12	
Eficiência e otimização operacional	Redução de custos operacionais	15	20
	Redução de erros de fabricação	3	
	Redução de tempo	2	
Aprimoramento da qualidade	Melhoria na qualidade dos produtos	11	19
	Maior precisão na fabricação	6	
	Melhorias nos produtos	2	
Avanços humanos e sustentáveis na indústria	Melhorias ergonômicas e segurança para os trabalhadores	12	24
	Melhoria na sustentabilidade ambiental	2	
	Melhor utilização da mão de obra	9	
	Aumento do conhecimento	1	

Fonte: Elaborado pelos autores

Esses benefícios foram cuidadosamente consolidados em quatorze tipos principais, que posteriormente foram agrupados em cinco categorias. Esta estruturação permite uma visão clara da distribuição e da recorrência dos benefícios discutidos nos artigos.

4.2.1 Eficiência e Produtividade Operacional

A adoção da robótica na manufatura tem se mostrado essencial para elevar a eficiência e a produtividade operacional das empresas, apontando uma evolução significativa na forma como os produtos são fabricados. É possível não apenas aumentar a eficiência de produção e a produtividade, mas também otimizar a utilização da mão de obra e aumentar a flexibilidade produtiva, adaptando-se rapidamente às mudanças de demanda e às novas tendências de mercado.

A integração de robôs nos processos de manufatura aumenta a eficiência de produção ao minimizar as ineficiências operacionais (Anzolin, Andreoni & Zanfei, 2022). Os sistemas robóticos são capazes de executar tarefas complexas com alta precisão e consistência, reduzindo o tempo de ciclo de produção e os erros associados ao trabalho manual (Yang et al., 2021). Essa precisão resulta em uma melhoria na qualidade do produto (Sharma, 2023), ao mesmo tempo que diminui a quantidade de desperdício de material, contribuindo para uma operação mais sustentável e economicamente viável (Wang, Zhou & Chiao, 2023). A adoção de um robô industrial é uma solução emergente orientada para a tecnologia, melhorando a eficiência da produção e a qualidade dos produtos, reduzindo os custos laborais e a carga ergonômica do operador humano (Wang et al., 2023).

Com a capacidade de operar continuamente, os robôs proporcionam um aumento substancial na produtividade (Verma & Singh, 2022). Ao contrário do trabalhador humano, que requer descansos e está sujeito a variações no desempenho, os robôs mantêm um ritmo constante de trabalho, possibilitando uma produção mais acelerada e volumosa (Zheng et al., 2023; Verma & Singh, 2022). Esse aumento na produtividade permite às empresas atenderem a grandes demandas de mercado em prazos mais curtos, um diferencial competitivo importante no cenário atual. Neste contexto, o crescimento na produtividade e na eficiência operacional pode ser mais significativo para empresas de grande porte, que se beneficiam das economias de escala ao adotarem robôs (Zhang, Zhang & Wu, 2023).

A automação libera os trabalhadores de tarefas repetitivas e potencialmente perigosas, permitindo que se concentrem em atividades mais estratégicas e criativas (Verma & Singh, 2022). Isso não apenas melhora a satisfação e segurança no trabalho, mas também eleva o valor agregado da mão de obra. Com treinamento adequado, os funcionários podem assumir papéis na supervisão e manutenção dos sistemas robóticos, na melhoria de processos e na inovação, aumentando assim a contribuição humana para o valor global da produção. Isso permite que os

colaboradores humanos foquem em atividades de maior valor e criatividade (Verma & Singh, 2022), além de otimizar o tempo dos engenheiros (Martin et al., 2021).

A robótica proporciona às empresas uma maior flexibilidade para adaptar suas linhas de produção a diferentes produtos ou para ajustar rapidamente os volumes de produção (Čech et al., 2020). Os sistemas robóticos podem ser reprogramados para realizar novas tarefas com relativa facilidade, permitindo que as empresas respondam de forma ágil às mudanças nas preferências dos consumidores ou às flutuações do mercado (Komal, 2020). Esta flexibilidade é essencial para manter a competitividade em um ambiente de negócios que está sempre evoluindo. Neste contexto, os benefícios esperados incluem o aumento da flexibilidade e produtividade em níveis táticos, operacionais e estratégicos (Verma & Singh, 2022).

4.2.2 Qualidade

A adoção da robótica na manufatura tem revolucionado a indústria, trazendo melhorias significativas na qualidade dos produtos, maior precisão na fabricação e inovações contínuas nos produtos oferecidos.

Essas transformações não só otimizam os processos produtivos, mas também elevam o padrão de qualidade e eficiência, refletindo positivamente na satisfação do cliente e na competitividade de mercado das empresas (Anzolin, Andreoni & Zanfei, 2022). A integração de robôs nos processos de manufatura tem um impacto direto na qualidade dos produtos fabricados (Anzolin, Andreoni & Zanfei, 2022). Isso se deve à capacidade dos robôs de executar tarefas com precisão constante e reduzida margem de erro, comparado ao trabalho manual (De Vries, Gentile, Miroudot & Wacker, 2020). Além disso, a robótica permite a realização de controles de qualidade automatizados em tempo real, garantindo que qualquer desvio dos padrões estabelecidos seja imediatamente detectado e corrigido. Como resultado, o produto apresenta maior uniformidade, durabilidade e conformidade com as especificações técnicas, aumentando a confiança dos consumidores na marca.

A precisão é fundamental em muitos setores da indústria manufatureira, especialmente naqueles que produzem componentes de alta tecnologia, como a eletrônica e a aeroespacial. Os robôs são programados para executar tarefas complexas com alta precisão e repetibilidade, minimizando erros humanos e aumentando a eficiência da produção (Santiago, de Oliveira Almeida & Dias, 2019). Isso é particularmente benéfico em processos que exigem grande detalhamento ou trabalham com materiais delicados, onde o erro humano pode resultar em

desperdício significativo de recursos e tempo. A robótica eleva a precisão na fabricação ao superar o processo manual, melhorando a eficácia, reduzindo o tempo de execução, e assegurando uma aplicação mais controlada e conforme aos padrões de qualidade (Santiago, de Oliveira Almeida & Dias, 2019).

Além de elevar a qualidade e a precisão, a robótica também permite um ambiente propício para a inovação nos produtos (Anzolin, Andreoni & Zanfei, 2022). A flexibilidade e a capacidade de programação dos robôs facilitam a experimentação e a implementação de novas técnicas de produção, permitindo que as empresas desenvolvam produtos mais complexos e personalizados sem comprometer a eficiência. Essa capacidade de inovar rapidamente em resposta às demandas do mercado e às tendências tecnológicas assegura que as empresas mantenham uma vantagem competitiva (Luo & Qiao, 2023), oferecendo produtos que atendam ou superem as expectativas dos clientes em termos de funcionalidade, *design* e desempenho.

4.2.3 Competitividade e Mercado

A adoção da robótica na manufatura tem sido um dos principais impulsionadores da competitividade e inovação na indústria moderna (Ballestar et al., 2021). Essa transformação não apenas redefine os paradigmas produtivos, mas também eleva as empresas a novos níveis de eficiência e excelência, impactando significativamente a competitividade de mercado, a capacidade de inovação e o desenvolvimento de habilidades da força de trabalho (Luo & Qiao, 2023). A integração de sistemas robóticos nos processos de produção oferece uma vantagem competitiva substancial ao otimizar processos, resultando em uma produção mais rápida, eficiente e com menor custo (Bettiol et al., 2021).

Produzir bens de alta qualidade a preços competitivos é crucial em um mercado globalizado e altamente competitivo. A robótica também permite maior flexibilidade na linha de produção, permitindo que as empresas se adaptem rapidamente às mudanças nas demandas do consumidor e introduzam novos produtos de forma mais ágil. Os benefícios incluem redução de custos operacionais, aumento da produtividade e eficiência, e uma capacidade aprimorada de competir em mercados em rápida transformação (Fan et al., 2021; Axelson et al., 2020).

Além disso, a robótica acelera o ciclo de inovação, permitindo que as empresas experimentem novas ideias e conceitos de produtos com maior rapidez, reduzindo o tempo necessário para passar do conceito à comercialização. Isso melhora a capacidade de resposta às tendências emergentes e estabelece as empresas como líderes de mercado em inovação. A

automação de tarefas repetitivas libera recursos humanos para atividades de maior valor, como pesquisa e desenvolvimento, desenho de novos produtos e melhoria de processos (Jia et al., 2023; Wang et al., 2023). Contrariamente à percepção de que a robótica substitui o trabalho humano, sua adoção frequentemente eleva a capacitação da força de trabalho, promovendo uma indústria mais qualificada e um ambiente de trabalho mais seguro e ergonômico (Axelson et al., 2020).

4.2.4 Sustentabilidade e Responsabilidade Social

A integração da robótica na manufatura representa um avanço significativo não apenas em termos de eficiência e produtividade, mas também no que diz respeito à sustentabilidade ambiental e à responsabilidade social (Bettioli et al., 2021). As mudanças necessárias para alcançar os benefícios da robótica incluem a adaptação do ambiente de trabalho e o desenvolvimento de políticas de saúde e segurança mais eficazes para reduzir as lesões ocupacionais (Yang et al., 2022). Por meio da automação, as indústrias estão encontrando maneiras inovadoras de minimizar seu impacto ambiental, ao mesmo tempo em que melhoram as condições de trabalho e a segurança de seus empregados.

A adoção da robótica na manufatura contribui substancialmente para a sustentabilidade ambiental, principalmente por meio da economia de energia e da redução de resíduos (Wang, Zhou, & Chiao, 2023). Sistemas robóticos são projetados para operar com precisão milimétrica, o que diminui o desperdício de matéria-prima ao garantir que cada processo seja executado com a máxima eficiência. Além disso, a capacidade de funcionar ininterruptamente e com menor necessidade de iluminação ou climatização em comparação com ambientes tradicionalmente ocupados por humanos pode resultar em uma redução considerável do consumo de energia. Um dos benefícios mais significativos da robótica na manufatura é a sua capacidade de assumir tarefas que são fisicamente desgastantes, perigosas ou monótonas (De Vries et al., 2020). Isso não apenas reduz o risco de lesões relacionadas ao trabalho, mas também contribui para um ambiente de trabalho mais ergonômico e seguro (Yang, Liu, Lu & He, 2022). Ao delegar operações de alto risco ou de alta precisão aos robôs, as empresas podem minimizar a exposição dos trabalhadores a condições perigosas, como a manipulação de substâncias tóxicas, trabalhos em alturas elevadas ou em ambientes com temperaturas extremas (Schumacher et al., 2022). Adicionalmente, a robótica permite a implementação de sistemas de segurança avançados, que monitoram continuamente as condições de trabalho e podem intervir automaticamente para evitar acidentes, garantindo assim uma maior proteção para os trabalhadores.

4.2.5 Redução e Otimização de Custos

A adoção da robótica na manufatura é uma estratégia eficaz para a redução e otimização de custos, impactando positivamente a rentabilidade e sustentabilidade financeira das empresas. Com a robótica, há uma significativa diminuição do tempo de produção e dos erros comuns em processos manuais, além de uma redução nos custos operacionais, fatores cruciais para fortalecer a competitividade no mercado (Bettiol et al., 2021; Ballestar et al., 2021).

Os sistemas robóticos oferecem alta precisão e eficiência, minimizando o tempo necessário para tarefas de manufatura (Vaheer, Mahmood, Otto & Riives, 2021). Diferentemente dos operadores humanos, robôs operam 24/7 sem pausas, acelerando o ciclo de produção e aumentando a capacidade produtiva. A automação também reduz a probabilidade de erros na fabricação, pois robôs seguem instruções precisas e realizam tarefas com consistência superior ao trabalho manual (Sharma, 2023). Isso melhora a qualidade dos produtos e diminui custos com retrabalhos e desperdícios de matéria-prima.

A implementação da robótica também promove uma significativa redução nos custos operacionais (Vaheer et al., 2021). A eficiência energética dos robôs, em comparação com operações manuais intensivas, resulta em economias substanciais. Além disso, a automação possibilita uma gestão mais eficaz de materiais e recursos, reduzindo o desperdício e otimizando o inventário (Martin et al., 2021). Embora o investimento inicial em tecnologia robótica seja elevado, a longo prazo, a economia gerada pela redução de custos com mão de obra, acidentes de trabalho, afastamentos e treinamento de novos funcionários contribui para uma expressiva diminuição nos custos operacionais totais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa explorou os benefícios da implementação da robótica na manufatura, destacando avanços significativos em eficiência operacional, redução de custos, e melhoria na qualidade do produto. Os resultados indicam que a adoção da robótica não apenas otimiza processos de produção, mas também promove a inovação e a competitividade no setor.

Os achados contribuem para a literatura ao evidenciar como a tecnologia robótica pode ser um vetor para a transformação industrial, apoiando as empresas na inovação e competitividade global. Na prática, o estudo sugere que empresas que incorporam soluções robóticas podem se beneficiar de melhorias significativas em produtividade e qualidade, oferecendo um caminho para a sustentabilidade e a excelência operacional. Neste contexto, a

pesquisa realça a importância de estabelecer frameworks regulatórios que fomentem a inovação tecnológica enquanto protegem a segurança e o bem-estar dos trabalhadores. Este ponto sugere a necessidade de políticas públicas bem estruturadas, capazes de equilibrar o avanço tecnológico com responsabilidade social e ética, garantindo que os benefícios da robótica sejam acessíveis de maneira segura e justa a todos os envolvidos.

O estudo possui limitações, incluindo o potencial viés de publicação e as restrições decorrentes do desenho da pesquisa. A metodologia de RSL empregada está sujeita a essas limitações, necessitando de cautela na interpretação dos resultados. Sugere-se que pesquisas futuras abordem essas limitações por meio de estudos empíricos mais abrangentes.

É fundamental explorar a rede de dependência de benefícios na área da robótica, incentivando pesquisas futuras detalhadas sobre como esses benefícios são alcançados neste campo específico. Isso ressalta a necessidade de superar a tendência dos estudos quantitativos, enfatizando a importância de abordagens qualitativas profundas para entender o sucesso das empresas na obtenção desses benefícios, particularmente no desenvolvimento e na implementação de tecnologias robóticas.

Este estudo sublinha a importância crítica da robótica na redefinição dos paradigmas de manufatura, oferecendo *insights* valiosos para acadêmicos, profissionais e formuladores de políticas. A pesquisa ressalta a necessidade de abordagens integradas que considerem tanto os benefícios quanto os desafios da adoção da robótica, apontando para um futuro no qual a tecnologia e a inovação caminham lado a lado com o desenvolvimento sustentável e a melhoria contínua.

6. REFERÊNCIAS

Anzolin, G., & Andreoni, A. (2023). Robotising, but how? Evidence from the automotive sector in South Africa. *Journal of Manufacturing Technology Management*, (ahead-of-print), 34(5), 820-837. <https://doi.org/10.1108/JMTM-06-2022-0242>

Anzolin, G., Andreoni, A., & Zanfei, A. (2022). What is driving robotisation in the automotive value chain? Empirical evidence on the role of FDIs and domestic capabilities in technology adoption. *Technovation*, 115, 102476. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2022.102476>

Ashurst, C., Freer, A., Ekdahl, J., & Gibbons, C. (2012). Exploring IT-enabled innovation: A new paradigm?. *International Journal of Information Management*, 32(4), 326-336. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2012.05.006>

Rubim de Castro Souza, R., & Drebes Pedron, C. (2025). Os benefícios da robótica na manufatura na era da indústria 4.0: uma revisão sistemática da literatura. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies [FSRJ]*, 17(1), e900. <https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2025.v17i1.900>

Aubry, M., Boukri, S. E., & Sergi, V. (2021). Opening the black box of benefits management in the context of projects. *Project Management Journal*, 52(5), 434-452. <https://doi.org/10.1177/87569728211020606>

AXELSON, J. V., MATTSSON, S., & LANGBECK, B. (2020) Planning for Nation Wide Dissemination of Robotics to SMEs. In *SPS2020* (pp. 130-141). IOS Press. <https://doi.org/10.3233/ATDE200150>

Ballestar, M. T., Díaz-Chao, Á., Sainz, J., & Torrent-Sellens, J. (2021). Impact of robotics on manufacturing: A longitudinal machine learning perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 162, 120348. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120348>

Bettiol, M., Capestro, M., Di Maria, E., & Ganau, R. (2024). Is this time different? How Industry 4.0 affects firms' labor productivity. *Small Business Economics*, 62(4), 1449-1467. <https://doi.org/10.1007/s11187-023-00825-8>

Bettiol, M., Capestro, M., Di Maria, E., & Micelli, S. (2021). SMEs@ Industry 4.0: a comparison between top and average performers. *Sinergie Italian Journal of Management*, 39(3), 27-48. <https://doi.org/10.7433/S116.2021.03>

Botha, A. P. (2019). A mind model for intelligent machine innovation using future thinking principles. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(8), 1250-1264. <https://doi.org/10.1108/JMTM-01-2018-0021>

Čech, M., Wicher, P., Lenort, R., Malčic, T., David, J., Holman, D., ... & Záruba, J. (2020). Autonomous mobile robot technology for supplying assembly lines in the automotive industry. *Acta logistica*, 7(2), 103-109. <https://doi.org/10.22306/al.v7i2.164>

Clarke, S., & Doherty, N. (2004). The importance of a strong business-IT relationship for the realisation of benefits in e-business projects: the experiences of Egg. *Qualitative Market Research: An International Journal*, 7(1), 58-66. <https://doi.org/10.1108/13522750410512886>

Correa, R. D., Silva, L. F. D., & Scafuto, I. C. (2023). Mechanisms for capturing and transferring tacit knowledge between projects. *International Journal of Knowledge Management Studies*, 14(1), 50-73. <https://doi.org/10.1504/IJKMS.2023.127305>

De Vries, G. J., Gentile, E., Miroudot, S., & Wacker, K. M. (2020). The rise of robots and the fall of routine jobs. *Labour Economics*, 66, 101885. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2020.101885>

Doherty, N. F., Ashurst, C., & Peppard, J. (2012). Factors affecting the successful realisation of benefits from systems development projects: findings from three case studies. *Journal of Information technology*, 27(1), 1-16. <https://doi.org/10.1057/jit.2011.8>

Dupont, D. H., & Eskerod, P. (2016). Enhancing project benefit realization through integration of line managers as project benefit managers. *International Journal of Project Management*, 34(4), 779-788. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.10.009>

Rubim de Castro Souza, R., & Drebes Pedron, C. (2025). Os benefícios da robótica na manufatura na era da indústria 4.0: uma revisão sistemática da literatura. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies [FSRJ]*, 17(1), e900. <https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2025.v17i1.900>

El Souri, M., & Gao, J. (2022). Impact of Knowledge Exchange in Cross Regional Interdisciplinary Collaboration Within a Robotic Development Project. In *Advances in Manufacturing Technology XXXV* (pp. 107-112). IOS Press. <https://doi.org/10.3233/ATDE220575>

Enrique, D. V., Marcon, É., Charrua-Santos, F., & Frank, A. G. (2022). Industry 4.0 enabling manufacturing flexibility: technology contributions to individual resource and shop floor flexibility. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 33(5), 853-875. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2021-0312>

Fan, H., Hu, Y., & Tang, L. (2021). Labor costs and the adoption of robots in China. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 186, 608-631. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2020.11.024>

Farina, J., & Fontana, J. (2021). Managing change towards Industry 4.0: How organizations design and implement Industry 4.0 projects. *International Journal of Systematic Innovation*, 6(4), 18-32. [https://doi.org/10.6977/IJoSI.202106_6\(4\).0002](https://doi.org/10.6977/IJoSI.202106_6(4).0002)

Fernandes, G., & O'Sullivan, D. (2021). Benefits management in university-industry collaboration programs. *International Journal of Project Management*, 39(1), 71-84. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2020.10.002>

Forcina, A., & Falcone, D. (2021). The role of Industry 4.0 enabling technologies for safety management: A systematic literature review. *Procedia Computer Science*, 180, 436-445. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.260>

Gihleb, R., Giuntella, O., Stella, L., & Wang, T. (2022). Industrial robots, workers' safety, and health. *Labour Economics*, 78, 102205. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2022.102205>

Gomes, J., & Romão, M. (2018). Achieving dynamic capabilities through the benefits management approach. *International Journal of Information Systems in the Service Sector (IJISSS)*, 10(2), 53-68. <https://doi.org/10.4018/IJISSS.2018040104>

Gonçalves, M. L. A., Penha, R., Silva, L. F., Martens, C. D., & Silva, V. F. (2023). The relationship between project management and digital transformation: Systematic literature review. *RAM. Revista de Administração Mackenzie*, 24, eRAMR230075. <https://doi.org/10.1590/1678-6971/eRAMR230075.en>

Hamidi, H. (2017). A model for impact of organizational project benefits management and its impact on end user. *Journal of Organizational and End User Computing (JOEUC)*, 29(1), 51-65. <https://doi.org/10.4018/JOEUC.2017010104>

Hwang, W. S., & Kim, H. S. (2021). Does the adoption of emerging technologies improve technical efficiency? Evidence from Korean manufacturing SMEs. *Small Business Economics*, 59, 627–643. <https://doi.org/10.1007/s11187-021-00554-w>

Letto, B., Ancillai, C., Sabatini, A., Carayannis, E. G., & Gregori, G. L. (2022). The role of external actors in SMEs' human-centered industry 4.0 adoption: an empirical perspective on Italian competence centers. *IEEE Transactions on Engineering Management*. 71, 1057-1072. <https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3144881>

Rubim de Castro Souza, R., & Drebes Pedron, C. (2025). Os benefícios da robótica na manufatura na era da indústria 4.0: uma revisão sistemática da literatura. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies [FSRJ]*, 17(1), e900. <https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2025.v17i1.900>

Jia, W., Yang, T., & Zhang, X. (2023). The rise of robots and the fall of cost stickiness: Evidence from Chinese manufacturers. *Accounting & Finance*, 63(3), 3147-3171. <https://doi.org/10.1111/acfi.13022>

Kanski, L., & Pizon, J. (2023). The impact of selected components of industry 4.0 on project management. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(1), 100336. <https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100336>

Komal. (2020). Fuzzy fault tree analysis for controlling robot-related accidents involving humans in industrial plants: a case study. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 38(6), 1342-1364. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2020-0069>

Kumar, P., Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2021). Analysis of barriers to Industry 4.0 adoption in manufacturing organizations: An ISM approach. *Procedia Cirp*, 98, 85-90. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.010>

Lee, C. C., Qin, S., & Li, Y. (2022). Does industrial robot application promote green technology innovation in the manufacturing industry?. *Technological Forecasting and Social Change*, 183, 121893. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121893>

Leenes, R., Palmerini, E., Koops, B. J., Bertolini, A., Salvini, P., & Lucivero, F. (2017). Regulatory challenges of robotics: some guidelines for addressing legal and ethical issues. *Law, Innovation and Technology*, 9(1), 1-44. <https://doi.org/10.1080/17579961.2017.1304921>

Li, D., Liang, Z., Tell, F., & Xue, L. (2021). Sectoral systems of innovation in the era of the fourth industrial revolution: an introduction to the special section. *Industrial and Corporate Change*, 30(1), 123-135. <https://doi.org/10.1093/icc/dtaa064>

Luo, H., & Qiao, H. (2023). Exploring the impact of industrial robots on firm innovation under circular economy umbrella: a human capital perspective. *Management Decision*. 62(9), 2763-2790. <https://doi.org/10.1108/MD-02-2023-0285>

Market Research Future. (2024, February). Smart Robot Market Research Report - Global Forecast Till 2023. Retrieved from <https://www.marketresearchfuture.com/reports/smart-robot-market-6622> Acesso em 10 de março de 2024.

Marnewick, C., & Marnewick, A. L. (2019). The demands of industry 4.0 on project teams. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(3), 941-949. <https://doi.org/10.1109/TEM.2019.2899350>

Martin, L., Gao, J., Le, C. H., Sarhan, A., Cherepeti, S., & Sarrazin, A. (2022). Modular, mobile and autonomous robotics for manufacturing SMEs. In *Advances in Manufacturing Technology* XXXV (pp. 101-106). IOS Press. <https://doi.org/10.3233/ATDE220574>

Martin, L., Gao, J., Wilson, A., Le, C. H., & Ree, M. D. (2021). Autonomous mobile robots in high occupancy aerospace manufacturing. In *Advances in Manufacturing Technology* XXXIV (pp. 133-138). IOS Press. <https://doi.org/10.3233/ATDE210025>

Rubim de Castro Souza, R., & Drebes Pedron, C. (2025). Os benefícios da robótica na manufatura na era da indústria 4.0: uma revisão sistemática da literatura. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies [FSRJ]*, 17(1), e900. <https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2025.v17i1.900>

McKinsey & Company. (2020). Industry 4.0: Reimagining manufacturing operations after COVID-19. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/industry-40-reimagining-manufacturing-operations-after-covid-19/pt-BR> Acesso em 10 de março de 2024.

Mittal, S., & Frayman, F. (1989, August). Towards a Generic Model of Configuration Tasks. In *IJCAI* (Vol. 89, pp. 1395-1401).

Obermayer, N., Csizmadia, T., Hargitai, D. M., & Kigyós, T. (2020, December). Industry 4.0: Are we Robots?. In *European Conference on Knowledge Management* (pp. 566-XX). Academic Conferences International Limited. <https://doi.org/10.34190/EKM.20.112>

Pollock, A., & Berge, E. (2018). How to do a systematic review. *International Journal of Stroke*, 13(2), 138-156. <https://doi.org/10.1177/1747493017743796>

PwC. (2023). Índice Transformação Digital Brasil 2023: Um retrato da maturidade das organizações na jornada para incorporar tecnologias digitais e criar diferenciais valiosos para seus negócios. Recuperado de <https://www.pwc.com.br/pt/estudos/servicos/consultoria-negocios/indice-transformacao-digital-brasil-2023.html> Acesso em 17 de março de 2024.

Rane, S. B., Potdar, P. R., & Rane, S. (2021). Development of project risk management framework based on industry 4.0 technologies. *Benchmarking: An International Journal*, 28(5), 1451-1481. <https://doi.org/10.1108/BIJ-03-2019-0123>

Samset, K. (2009). Projects, their quality at entry and challenges in the front-end phase. In *Making Essential Choices with Scant Information: Front-End Decision Making in Major Projects* (pp. 18-35). London: Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/9780230236837_2

Santiago, S. B., de Oliveira Almeida, E. L., & Dias, J. O. (2019, October). Automatic welding process: a study case of Soldering Machine. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Toronto* (pp. 23-25).

Schumacher, S., Hall, R., Waldman-Brown, A., & Sanneman, L. (2022). Technology Adoption of Collaborative Robots for Welding in Small and Medium-sized Enterprises: A Case Study Analysis. In *Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics: CPSL 2022* (pp. 462-471). Hannover: publish-Ing.. <https://doi.org/10.15488/12176>

Sharma, A. (2023). Making electric vehicle batteries safer through better inspection using artificial intelligence and cobots. *International Journal of Production Research*, 62(4), 1277-1296. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2180308>

Shi, Z., Xie, Y., Xue, W., Chen, Y., Fu, L., & Xu, X. (2020). Smart factory in Industry 4.0. *Systems Research and Behavioral Science*, 37, 607-617. <https://doi.org/10.1002/sres.2704>

Turner, J. R., & Müller, R. (2003). On the nature of the project as a temporary organization. *International Journal of Project Management*, 21(1), 1-8. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(02\)00020-0](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(02)00020-0)

Rubim de Castro Souza, R., & Drebes Pedron, C. (2025). Os benefícios da robótica na manufatura na era da indústria 4.0: uma revisão sistemática da literatura. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies [FSRJ]*, 17(1), e900. <https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2025.v17i1.900>

Vaher, K., Mahmood, K., Otto, T., & Riives, J. (2021, May). Simulation based feasibility analysis of autonomously movable robot arm. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 1140, No. 1, p. 012055). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1140/1/012055>

Verma, S., & Singh, V. (2022). The Employees Intention to Work in Artificial Intelligence-Based Hybrid Environments. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 71, 3266-3277. <https://doi.org/10.1109/TEM.2022.3193664>

Vido, M., Scur, G., Massote, A. A., & Lima, F. (2020). The impact of the collaborative robot on competitive priorities: case study of an automotive supplier. *Gestão & Produção*, 27(4), e5358. <https://doi.org/10.1590/0104-530X5358-20>

Wang, J., Wang, W., Liu, Y., & Wu, H. (2023). Can industrial robots reduce carbon emissions? Based on the perspective of energy rebound effect and labor factor flow in China. *Technology in Society*, 72, 102208. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102208>

Wang, L., Zhou, Y., & Chiao, B. (2023). Robots and firm innovation: Evidence from Chinese manufacturing. *Journal of Business Research*, 162, 113878. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113878>

Wang, Q., Liu, H., Ore, F., Wang, L., Hauge, J. B., & Meijer, S. (2023). Multi-actor perspectives on human robotic collaboration implementation in the heavy automotive manufacturing industry-A Swedish case study. *Technology in Society*, 72, 102165. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.102165>

Westerlund, M. (2020). An ethical framework for smart robots. *Technology Innovation Management Review*, 10(1), 35-44. <https://doi.org/10.22215/timreview/1312>

Woitsch, R. (2020). Industrial digital environments in action: the OMiLAB innovation corner. In *The Practice of Enterprise Modeling: 13th IFIP Working Conference, PoEM 2020, Riga, Latvia, November 25–27, 2020, Proceedings 13* (pp. 8-22). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-63479-7_2

Wu, T. (2021). Digital project management: rapid changes define new working environments. *Journal of Business Strategy*, 43(5), 323-331. <https://doi.org/10.1108/JBS-03-2021-0047>

Yang, M., YUa, L., Wong, C., Mineo, C., Yang, E., Bomphray, I., ... & Brady, S. (2021). Comprehensive Simulation of Cooperative Robotic System for Advanced Composite Manufacturing: A Case Study. In *Advances in Manufacturing Technology XXXIV* (pp. 105-110). IOS Press. <https://doi.org/10.3233/ATDE210021>

Yang, S., Liu, F., Lu, J., & He, X. (2022). Does occupational injury promote industrial robot applications?. *Technology in Society*, 70, 101998. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101998>

Zhang, F., Zhang, Q., & Wu, H. (2023). Robot adoption and export performance: evidence from Chinese industrial firms. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 34(6), 896-916. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2022-0315>

Rubim de Castro Souza, R., & Drebes Pedron, C. (2025). Os benefícios da robótica na manufatura na era da indústria 4.0: uma revisão sistemática da literatura. *Future Studies Research Journal: Trends and Strategies [FSRJ]*, 17(1), e900. <https://doi.org/10.24023/FutureJournal/2175-5825/2025.v17i1.900>

Zheng, C., An, Y., Wang, Z., Qin, X., Eynard, B., Bricogne, M., ... & Zhang, Y. (2023). Knowledge-based engineering approach for defining robotic manufacturing system architectures. *International Journal of Production Research*, 61(5), 1436-1454. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2037025>

Zwikael, O., Chih, Y. Y., & Meredith, J. R. (2018). Project benefit management: Setting effective target benefits. *International Journal of Project Management*, 36(4), 650-658. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2018.01.002>