

BARREIRAS E DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE ROBÓTICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Renan Rubim De Castro Souza - UNINOVE – Universidade Nove de Julho

Cristiane Drebes Pedron

Luciano Ferreira Da Silva - UNINOVE – Universidade Nove de Julho

Resumo

A transformação digital tem seu conceito compreendido como sendo um processo de mudança entre um processo analógico para um digital (Jedynak et al., 2021). Assim, a inovação digital acontece pela implementação ou introdução dessas tecnologias em um ambiente de inovação, criando desafios e mudanças para indivíduos, organizações e sociedade (Papadonikolaki et al., 2022). Esse artigo teve como objetivo identificar as barreiras e desafios na implementação de projetos de robótica. O estudo utilizou uma revisão sistemática de literatura com base em 16 artigos da Web of Science e Scopus, classificados pela ABS. Foram identificados 18 desafios e barreiras que reduzem a adoção de projetos de robótica, abrangendo áreas financeiras, integração, gestão de recursos humanos e fatores culturais. Apesar da metodologia robusta, a exclusão de fontes relevantes é uma limitação, assim como os vieses de publicação. As contribuições teóricas destacam desafios na gestão de projetos robóticos, incluindo custos, sustentabilidade e segurança. Estratégias adaptativas são fundamentais para enfrentar esses desafios multidimensionais na robótica. Além disso, a implementação de projetos robóticos contribui para a realização de tarefas industriais perigosas, repetitivas ou fisicamente exigentes, melhorando a saúde e segurança no trabalho.

Palavras-chave: Robótica, Gestão de Projetos, e Barreiras

Abstract

Digital transformation is understood as a process of change from an analog to a digital process (Jedynak et al., 2021). Thus, digital innovation occurs through the implementation or introduction of these technologies in an innovation environment, creating challenges and changes for individuals, organizations, and society (Papadonikolaki et al., 2022). This article aimed to identify barriers and challenges in the implementation of robotics projects. The study used a systematic literature review based on 16 articles from Web of Science and Scopus, classified by ABS. Eighteen challenges and barriers that hinder the adoption of robotics projects were identified, covering financial, integration, human resource management, and cultural factors. Despite the robust methodology, the exclusion of relevant sources is a limitation, as are publication biases. The theoretical contributions highlight challenges in managing robotics projects, including costs, sustainability, and safety. Adaptive strategies are essential to address these multidimensional challenges in robotics. Moreover, implementing robotics projects contributes to the completion of hazardous, repetitive, or physically demanding industrial tasks, enhancing health and safety at work.

Keywords: Robotics, Project Management, and Barriers

BARREIRAS E DESAFIOS NA IMPLEMENTAÇÃO DE PROJETOS DE ROBÓTICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

1. Introdução

A transformação digital tem seu conceito compreendido como sendo um processo de mudança entre um processo analógico para um digital (Jedynak et al., 2021). Assim, a inovação digital acontece pela implementação ou introdução dessas tecnologias em um ambiente de inovação, criando desafios e mudanças para indivíduos, organizações e sociedade (Papadonikolaki et al., 2022). A Indústria 4.0 (I4.0), também conhecida como Quarta Revolução Industrial, implica a integração de recursos tecnológicos na produção, destacando-se a integração horizontal de objetos, serviços, dados e pessoas (Kanski & Pizon, 2023). O termo foi criado em 2011, durante a Feira de Hannover na Alemanha, e representa o nome da estratégia de alta tecnologia do seu Governo Federal (Vido et al., 2020). Assim, a I4.0 tornou-se uma estratégia importante no gerenciamento de projetos, pois permite um aperfeiçoamento de tempo e custo, para organizações transformadoras (Kanski & Pizon, 2023).

Rane et al. (2021) demonstram o gerenciamento de risco de projetos nas várias etapas da I4.0 e os autores identificaram 21 riscos para um projeto de construção civil. Segundo Dixit e Verma, (2022), independentemente de seu estágio de maturação, o risco tecnológico tem impacto significativo em todos os habilitadores da quarta revolução industrial. Ainda segundo o estudo dos autores, algumas tecnologias habilitadoras da I4.0 estavam em estágio mais avançado de implementação: robôs autônomos; simulação; integração de sistemas; *Big data*. Entretanto, as tecnologias da I4.0 incluindo sistema físico cibernético, Internet das Coisas e computação em nuvem, estavam em estágio inicial de implementação. Neste contexto, outro tema estudado nos artigos é a automação de processos robóticos (*Robotic Process Automation* ou RPA), tecnologia utilizada para automatizar tarefas manuais. Por ser uma tecnologia inovadora e disruptiva, estudos revelam que 50% dos projetos de implementação de RPA falham (Herm et al., 2023). Para tal, este artigo buscou responder a seguinte questão de pesquisa: Quais as barreiras e desafios na implementação de projetos robótica são apresentados na literatura acadêmica?

As seções desse artigo foram agrupadas com a seguinte estrutura. A primeira corresponde a essa seção, a seção 2 deste artigo apresenta o problema de pesquisa e objetivo, e a seção 3, apresenta fundamentação teórica. A revisão sistemática da literatura, explicando os procedimentos metodológicos utilizados, é apresentada na seção 4. Na seção seguinte, foi abordado a análise dos resultados da revisão sistemática. Na seção 6, a conclusão e a contribuição do estudo foram exibidas.

2. Problema de pesquisa e Objetivo

Embora a natureza dos desafios de implementação de tecnologias digitais seja multifacetada, podemos classificá-las em três categorias principais sendo: desafios de mercado, desafios organizações e desafios econômicos e sociais (Brunetti et al., 2020). Segundo Papadonikolaki et al. (2022), apresentam-se implicações para implementação de tecnologias digitais em três níveis: indivíduos, organizações e projetos. Ainda segundo os autores, esses estudos examinam o impacto da inovação digital em projetos, focando nas organizações, permitindo gerenciar mudanças em ambientes dinâmicos. Neste contexto, o estudo de Wang et al. (2023), evidenciam que diferentes funções nas organizações destacam diferentes desafios para a implementação de projetos de robôs.

Para tal, este artigo buscou responder a seguinte questão de pesquisa: Quais as barreiras e desafios na implementação de projetos robótica são apresentados na literatura acadêmica? Com base no que foi apresentado, este artigo tem como objetivo identificar as barreiras e desafios na gestão de projetos de robótica por meio de uma revisão sistemática da literatura (RSL). Assim pode-se contribuir explicando as principais causas que impedem a adoção de soluções inovadoras e a implementação de projetos na área da robótica.

3. Fundamentação Teórica

As seções da fundamentação teórica foram agrupadas com a seguinte estrutura. A primeira corresponde a essa seção da Transformação Digital, na sequência são apresentadas a I4.0, e o Gerenciamento de projetos na era digital, finalizando com a apresentação da definição de robôs.

3.1 Transformação digital

A transformação digital (DT) implica em empresas inovadoras, não apenas adotantes de tecnologia, e enfrenta desafios de exclusão digital que variam conforme o porte e setor, enquanto as empresas de manufatura integram recursos reais e digitais globalmente (Kim & Lew, 2021). Nesse momento de mudanças, muitas delas associadas à I4.0, são capazes de alterar os métodos de fabricação, organização e gerenciamento dos locais de produção (Farina & Fontana, 2021). Neste contexto, a inovação tem seu conceito difundido por possuir efeitos positivos no desenvolvimento da economia, trazendo vantagem competitiva para este cenário de modo sustentável (Si & Chen, 2020).

O aumento e o surgimento de novas tecnologias digitais afetaram as organizações, impactando na sua estratégia e operação, tornando-se importante também na vida dos colaboradores das organizações (Jedynak et al., 2021). No século XVIII ocorreu a primeira revolução, que introduziu a mecanização com os motores movidos a vapor, e impactou na migração das pessoas da área rural para a área urbana. A segunda revolução industrial ocorreu entre 1870 e 1914, e teve como fato tecnológico as invenções relacionadas à eletricidade e materiais, que associado a produção em massa, afetou positivamente o poder de compra da população. O advento da terceira revolução industrial é datada do final da década de 1960, e veio com a introdução das tecnologias da informação, sendo possível assim evidenciar a redistribuição da riqueza entre países industrializados, emergentes e países em desenvolvimento. Neste contexto, a I4.0 é uma abordagem reavaliada de manufatura que utiliza as mais novas e mais recentes criações tecnológicas, principalmente na incorporação de tecnologia operacional e de informação (Shi et al., 2020).

3.2 I4.0

A I4.0 ou quarta revolução industrial (I4.0) 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). O termo foi criado em 2011, durante a Feira de Hannover na Alemanha, e representa o nome da estratégia de alta tecnologia do seu Governo Federal (Vido et al., 2020). 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, Internet das Coisas (IoT) (Rane et al., 2021). Assim, a I4.0 tornou-se uma estratégia importante no gerenciamento de projetos, pois permite

um aperfeiçoamento de tempo e custo, para organizações transformadoras (Kanski & Pizon, 2023).

3.2 Gerenciamento de projetos na era digital

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 gerenciamento de projetos 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. 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, em conjunto com as iniciativas de Transformação Digital (DT) (Gonçalves et al., 2023).

Segundo Gonçalves et al, (2023) no contexto da DT, nem todas as práticas e abordagens de GP são consideradas adequadas, o que torna necessário examinar os métodos existentes de GP, com foco na DT, a fim de recomendar as contribuições mais importantes 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 torne 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).

3.3 Definição de robôs

Neste artigo, o conceito de robô é o foco principal e é definido com base no padrão internacional ISO 8373 "*Vocabulary*", bem como na definição adotada pela IFR (*International Federation of Robotics*). Essas definições estabelecem um robô como "um mecanismo acionável programado com um grau de autonomia para realizar locomoção, manipulação ou posicionamento". Além disso, um robô industrial é caracterizado como "um manipulador multifuncional, reprogramável e controlado automaticamente, programável em três ou mais eixos, podendo ser fixo no local ou fixado a uma plataforma móvel para uso em aplicações de automação em um ambiente industrial". Por outro lado, um robô móvel autônomo é definido como "um robô capaz de viajar sob seu próprio controle".

4. Metodologia

Essa pesquisa foi realizada por meio de uma revisão sistemática da literatura (RSL), para identificar as barreiras e desafios encontrados na implementação de projetos de robótica a partir do que foi publicado em artigos acadêmicos. A I4.0 tornou-se uma estratégia importante no gerenciamento de projetos, e a robótica, é cada vez mais implementada como uma solução inovadora. Neste contexto de inovação, é importante identificar essas barreiras e desafios que inibem a implementação dos projetos de robótica, com a finalidade de ajudar que eles sejam superados.

A RSL é um método científico que pode ser replicado por qualquer indivíduo, assim a diferenciando de outros tipos de revisão de literatura, como a narrativa. Esse procedimento minimiza o corpus teórico, delineando os construtos estudados, assim focando nos resultados de pesquisas sistemáticas (Kanski & Pizon, 2023; Wang et al., 2023; Correa et al., 2023; Pollock & Berge, 2018).

Assim como sugerido por Pollock e Berge (2018), essa RSL seguiu 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.

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 as barreiras e desafios na implementação de projetos de robótica?.

A pesquisa foi realizada pela base de dados Scopus e Web of Science, pois atualmente possuem a base de periódicos científicos mais relevantes da base de literatura para gerenciamento de projetos e demais áreas. No protocolo inicial foi determinado a busca com a utilização de palavras-chave ‘*project management*’ e ‘*robot**’. Neste contexto a *string* utilizada para realizar as buscas foram (ALL= (“PROJECT MANAGEMENT”)) AND ALL= (robot*). É importante evidenciar que foi utilizado o operador booleano asterisco para não delimitar na busca ou exclusão de artigos relevantes. Dessa forma, *robot** permite carregar artigos contendo as palavras: *robots*, *robotics*, *robotization*, entre outras.

A busca foi realizada em abril de 2023, e foi realizada na base de dados do Scopus e Web of Science (WoS). Os mesmos argumentos e filtros foram utilizados em ambas as bases de dados, para incluir apenas artigos científicos, excluindo, livros, publicações em congressos, entre outras. Foi selecionado o filtro referente aos anos de 2019 a 2023, pois como o tema se trata de uma tecnologia inovadora e disruptiva, seria importante trazer os artigos científicos mais recentes. Foi utilizado também o filtro de administração e negócios, área na qual o gerenciamento de projetos está alocado.

O resultado da busca trouxe um total de 9 artigos relevantes na busca realizada na base Web of Science (WoS) e com os mesmos critérios de busca e filtros trouxe 902 artigos dentro da base Scopus. Dessa forma, totalizando 911 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 903 artigos. Segundo Pollock e Berge (2018), podemos verificar o procedimento exemplificado na Figura 1.

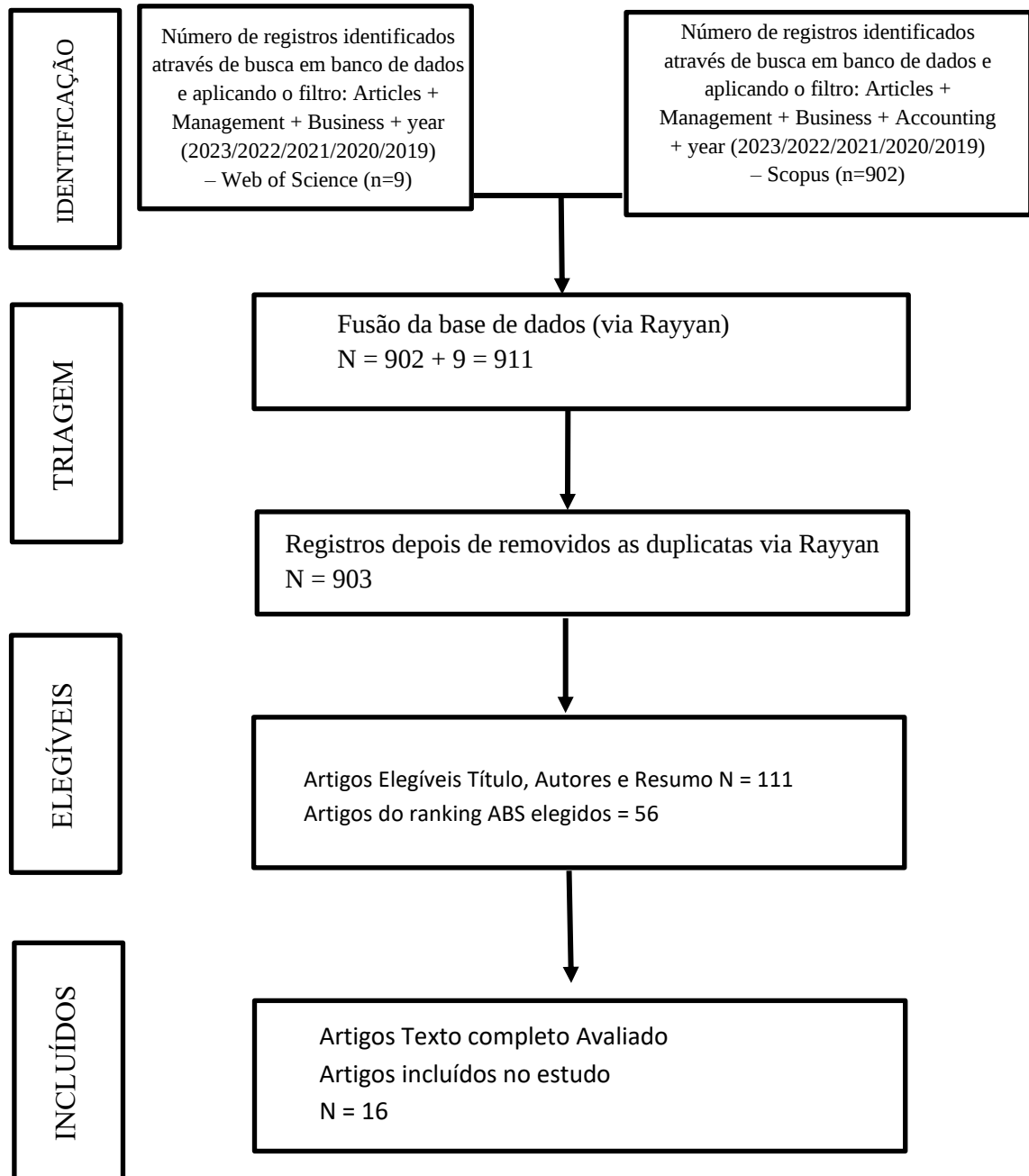
Ainda utilizando o Rayyan, foi realizada a triagem com base na análise de títulos e resumos, a fim de eliminar artigos irrelevantes para esta pesquisa. Esse fluxo composto por quatro etapas para construção segue o protocolo de Pollock e Berge (2018). Posteriormente, foram aplicados critérios de elegibilidade 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 gerenciamento de projetos de robótica, (2) artigos associados a gerenciamento de projetos de tecnologias de inovação ou automação e (3) artigos associados a barreiras ou desafios. 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 área da educação, com robôs ou tecnologias inovadoras e no contexto de gerenciamento de projetos.

Foram identificados 903 artigos na RSL, que passaram pelo processo de triagem do título e resumos. Foram selecionados 111 artigos, que posteriormente foram exportados para uma planilha do Microsoft Excel. Nesta base foram selecionados 56 artigos que possuíam seus

artigos listados no ranking da ABS (*Association of Business Schools*). Após a leitura completa dos artigos, foram eleitos 16 artigos que correspondiam ao tema central da pesquisa.

Figura 1 Diagrama de fluxo de pesquisa



Fonte: Adaptado pelo autor de Pollock e Berge (2018)

5. Análise dos resultados

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

5.1 Frequência periódicos

Inicialmente, apresenta-se uma análise descritiva dos dados coletados dos artigos. Ao analisar os periódicos mais frequentes na RSL, conforme a Figura 2, destaca-se que o International Journal of Construction Management e o Engineering, Construction and Architectural Management possuem dois artigos cada, enquanto os demais têm apenas um.

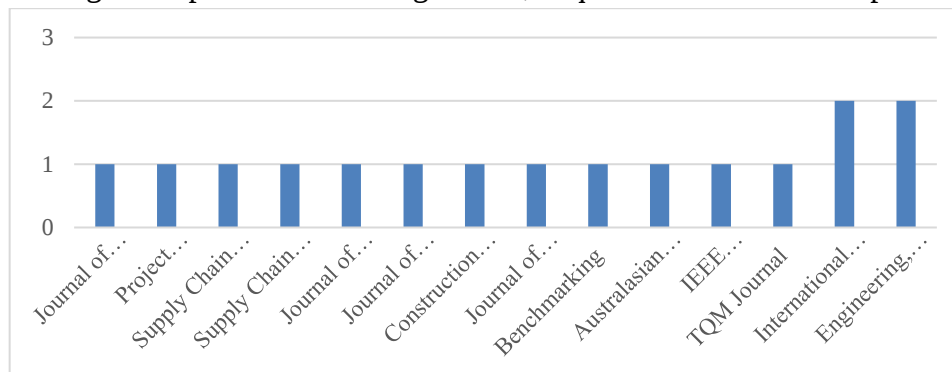


Figura 2. Total de artigos publicados por período no período da RSL
Fonte: Elaborado pelo autor

5.2 Frequência de publicações por ano

Ao examinar os anos de publicações mais frequentes na RSL, como indicado na Figura 3, observamos que o ano de 2023 está representado até o mês de abril, quando a pesquisa foi conduzida. Notavelmente, o ano de 2022 se destaca, com a inclusão de seis artigos no estudo.

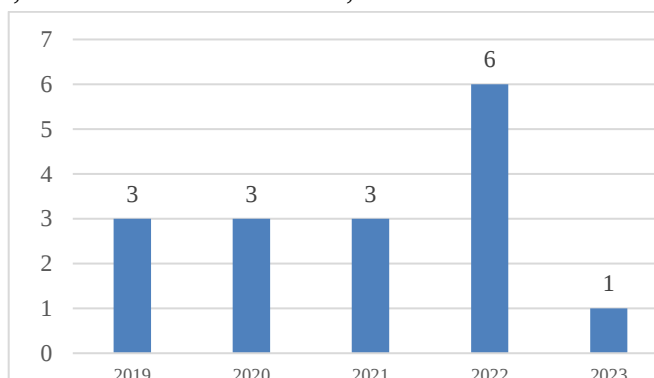


Figura 3. Total de artigos publicados por ano
Fonte: Elaborado pelo autor

5.3 Publicações por autores no período

Ao examinar os autores das publicações mais frequentes na RSL, é notável que os 16 artigos incluídos no estudo envolvem 53 autores distintos, cada um deles aparecendo apenas uma vez, conforme ilustrado na Figura 4. Apenas o autor Bhattacharya, possui 2 publicações.

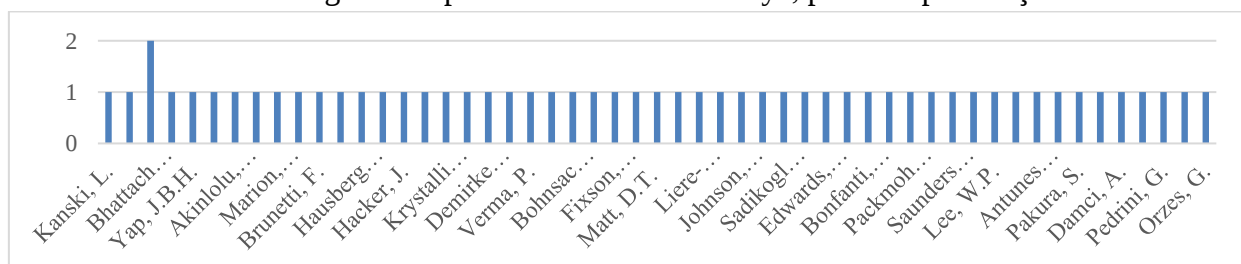


Figura 4. Total de artigos publicados por autor
Fonte: elaborado pelo autor

5.4 Desafios e barreiras identificados

Nesta seção serão examinados as barreiras e os desafios identificados nas pesquisas da RSL. Na Tabela 1, estão listados os autores e os títulos dos artigos incluídos.

Tabela 1: Artigos sobre desafios e barreiras na adoção da robótica

Autores	Título	Nomenclatura
Kanski e Pizon, 2023	The impact of selected components of industry 4.0 on project management	A1
Papadonikolaki, Krystallis e Morgan, 2022.	Digital Technologies in Built Environment Projects: Review and Future Directions	A2
Bhattacharya e Chatterjee, 2022.	Digital project driven supply chains: a new paradigm	A3
Dobrucali et al., 2022	Investigating the impact of emerging technologies on construction safety performance	A4
Yap et al., 2022	Advanced technologies for enhanced construction safety management: investigating Malaysian perspectives	A5
Chouki, Fernandes e Ruel, 2022.	Knowledge management as a key dimension of digital project integration: exploring constructs	A6
Akinlolu et al., 2021	A bibliometric review of the status and emerging research trends in construction safety management technologies	A7
Hanelt et al., 2021	A Systematic Review of the Literature on Digital Transformation: Insights and Implications for Strategy and Organizational Change	A8
Bhattacharya e Momaya, 2021	Actionable strategy framework for digital transformation in AECO industry	A9
Marion e Fixson, 2021	The Transformation of the Innovation Process: How Digital Tools are Changing Work, Collaboration, and Organizations in New Product Development*	A10
Marnewick e Marnewick, 2020.	The Demands of Industry 4.0 on Project Teams	A11
Brunetti et al., 2020	Digital transformation challenges: strategies emerging from a multi-stakeholder approach	A12
Hall, Whyte e Lessing, 2020.	Mirror-breaking strategies to enable digital manufacturing in Silicon Valley construction firms: a comparative case study	A13
Hausberg et al., 2019	Research streams on digital transformation from a holistic business perspective: a systematic literature review and citation network analysis	A14
Rane, Potdar e Rane, 2021.	Development of Project Risk Management framework based on Industry 4.0 technologies	A15
Hacker et al., 2019	Trust in virtual teams: A multidisciplinary review and integration	A16

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

Foram identificados dezoito tipos de desafios e barreiras que geram resistência e minimizam a adoção dos projetos da robótica em projetos. Esses desafios e barreiras são: financeiro e custo; gestão de risco e segurança; integração de pessoas, dados, serviços e objetos; interação de componentes (complexidade); gestão de dados; ambiente individual; ambiente organizações; ambiente de projetos (qualidade e pontualidade); conhecimento/compreensão inadequada; gestão do conhecimento; gestão dos gestores; rotatividade profissionais qualificados; incertezas; acesso à tecnologia; rotatividade fornecedores; pensamento de curto prazo; cultura organizacional e adaptações contínuas. Esses desafios e barreiras foram agrupados, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Agrupamento dos desafios e barreiras na adoção da robótica

Grupos	Desafios e barreiras à adoção da robótica	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	A 7	A 8	A 9	A 10	A 11	A 12	A 13	A 14	A 15	A 16
Aspectos Financeiros e Orçamentários	Financeiro e custo	X		X												X	
	Gestão de risco e segurança				X	X		X						X			
Integração e Interoperabilidade	Integração de pessoas, dados, serviços e objetos	X											X				
	Interação de componentes (complexidade)	X							X					X			
	Gestão de dados										X						
Ambientes de Implementação	Ambiente individual		X	X									X				
	Ambiente organizações		X											X			
	Ambiente de projetos (qualidade e pontualidade)	X	X	X													
Gerenciamento de Recursos Humanos e Conhecimento	Conhecimento/compreensão inadequada		X	X								X	X				
	Gestão do conhecimento						X										
	Gestão dos gestores								X					X	X		X
	Rotatividade profissionais qualificados										X						
Fatores Externos	Incertezas									X		X					
	Acesso à tecnologia		X									X				X	X
	Rotatividade fornecedores									X			X				
Fatores Culturais	Pensamento de curto prazo									X			X	X			
	Cultura organizacional									X			X				
	Adaptações contínuas											X					

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023

5.4.1 Aspectos Financeiros e Orçamentários

Os custos associados à implementação da robótica podem ser significativos, envolvendo aquisição de *hardware*, desenvolvimento de software, treinamento de pessoal e manutenção contínua. Um projeto é uma iniciativa singular com restrições de tempo, custo e recursos, visando a criação de um produto ou serviço único; nos negócios atuais, métricas tradicionais, podem ser ampliadas para abranger aspectos como sustentabilidade ambiental e social, facilitados pela 4ª Revolução Industrial (Kanski & Pizon, 2023; Bhattacharya & Chatterjee, 2022). No contexto da robótica na construção, a implementação de robôs autônomos envolve

custos iniciais elevados e estruturas complexas, tornando-se economicamente viável somente em situações de construção em larga escala e benéfico para mitigar certos riscos de projeto (Rane, Potdar & Rane, 2021).

A segurança e a gestão de risco com robôs são essenciais, pois a operação segura e a prevenção de falhas críticas são fundamentais para garantir a integridade das operações e minimizar possíveis danos a pessoas, equipamentos e processos. A literatura aponta que soluções inovadoras podem aprimorar a segurança, porém a adoção de tecnologias de segurança é restrita, especialmente em economias em desenvolvimento, com tendências emergentes abrangendo saúde, visualização de projetos, tecnologias digitais, automação, robótica e prevenção de acidentes (Dobrucali et al., 2022; Yap et al., 2022; Akinlolu, Haupt, Edwards & Simpeh, 2022). Dessa forma, é necessário gerenciar a alocação de riscos desalinhada e adotar uma abordagem de compartilhamento de riscos mais convencional, sem assumir todos os riscos em um único lugar (Hall, Whyte & Lessing, 2020).

5.4.2 Integração e Interoperabilidade

A integração de pessoas, dados, serviços e objetos, juntamente com a interação coerente de vários componentes em meio à complexidade, é fundamental para uma eficaz gestão de dados na implantação de robôs em ambientes industriais. A I4.0 se fundamenta na integração horizontal na gestão da produção, representando não apenas uma revolução industrial, mas também o desafio da coesão entre pessoas, dados, serviços e objetos, demandando interação harmoniosa de diversos componentes (Kanski & Pizon, 2023; Brunetti et al., 2020). A gestão de dados nos projetos analisados durante a fase de descoberta e desenvolvimento representou um desafio, enfatizando a necessidade de uma interação coerente de vários componentes para abordar a complexidade nos sistemas e processos (Kanski & Pizon, 2023; Hall, Whyte & Lessing, 2020; Marion, & Fixson, 2021).

5.4.3 Ambientes de Implementação

Os desafios da robótica englobam a interação com o ambiente individual, a adaptação às estruturas organizacionais e o cumprimento das metas de qualidade e prazos em contextos de projetos. Recursos individuais, coletivos e compartilhados são fundamentais para a inovação digital, visto que as iniciativas se baseiam em projetos individuais, mas frequentemente envolvem colaborações interorganizacionais (Papadonikolaki, Krystallis & Morgan, 2022). Essa abordagem compreende uma perspectiva multinível, abrangendo recursos de indivíduos, organizações e projetos para compreender a inovação digital (Papadonikolaki, Krystallis & Morgan, 2022; Bhattacharya & Chatterjee, 2022). Neste contexto, a qualidade e a pontualidade são fatores críticos para o sucesso de projetos de inovação, pois garantem a entrega de resultados eficazes dentro dos prazos estabelecidos (Kanski & Pizon, 2023).

5.4.4 Gerenciamento de Recursos Humanos e Conhecimento

Na área da robótica, enfrentar desafios como conhecimento e compreensão inadequados dos sistemas, a gestão eficaz do conhecimento, o desenvolvimento de líderes capazes de guiar equipes técnicas e a retenção de profissionais altamente qualificados são cruciais para garantir o sucesso e a inovação contínua nesse campo em constante evolução. A indústria enfrenta desafios contínuos na contratação de talentos qualificados, na construção de parcerias sólidas entre empreiteiros e fornecedores, bem como na transferência eficaz de conhecimento entre projetos e setores dentro do próprio setor (Akinlolu, Haupt, Edwards & Simpeh, 2022; Chouki & Ruel, 2022; Marion, & Fixson, 2021). Assim, os estudos exploram desafios gerenciais na inovação, incluindo a gestão de clientes, cocriação e ideação, bem como questões envolvendo recursos humanos, sucesso de novos produtos, desempenho e estratégia empresarial no contexto da gestão da inovação (Hausberg et al., 2019).

5.4.5 Fatores Externos

Na robótica, os desafios relacionados a fatores externos, como incertezas no ambiente tecnológico e de mercado, a disponibilidade de tecnologia acessível e a estabilidade de fornecedores, podem impactar significativamente a implementação e o sucesso de projetos. Desafios constantes, como mudanças, incertezas e interrupções, serão uma parte integral da vida de um gerente de projetos, exigindo que encontrem maneiras de eficazmente acomodá-los (Marnewick, & Marnewick, 2019). A barreira ao acesso a ferramentas tecnológicas é frequentemente agravada pela rotatividade de fornecedores, dificultando a estabilidade e consistência nas soluções implementadas (Marion & Fixson, 2021; Bhattacharya & Momaya, 2021).

5.4.6 Fatores Culturais

Na robótica, enfrentar desafios como o pensamento de curto prazo, que pode limitar o investimento em inovação, é importante. A cultura organizacional também desempenha um papel importante, pois deve fomentar a adoção de tecnologia e a adaptação contínua aos avanços. Isso envolve uma mentalidade flexível para se ajustar às mudanças constantes no campo da robótica. Segundo Bhattacharya e Momaya (2021), na indústria da construção, a adoção e compatibilidade de tecnologias enfrentam desafios devido a complexidades como o pensamento de curto prazo e a influência da cultura organizacional. Neste contexto, a I4.0 traz múltiplos desafios para os gerentes de projeto, exigindo adaptações constantes às novas tecnologias e a aplicação da melhor solução técnica em cada projeto (Marnewick, & Marnewick, 2019).

6. Conclusões

A implementação da robótica na indústria enfrenta diversos desafios, incluindo custos significativos, questões de segurança e gestão de riscos, integração e interoperabilidade complexas, bem como desafios relacionados a ambientes de implementação, recursos humanos, fatores externos e culturais. Esses desafios exigem uma abordagem estratégica que considere tanto os aspectos técnicos quanto os aspectos organizacionais. A I4.0 desempenha um papel

central na evolução desses desafios, oferecendo oportunidades para melhorar a eficiência e a qualidade, mas também introduzindo complexidades adicionais. Portanto, é fundamental para as organizações abordarem esses desafios de forma proativa, investindo em capacitação, inovação e adaptação contínua para alcançar o sucesso na era da robótica e da I4.0.

As contribuições teóricas deste estudo identificam desafios na implementação da robótica e na gestão de projetos. Custos significativos, sustentabilidade ambiental e social em foco, limitações na adoção de tecnologias de segurança e a necessidade de compartilhamento de riscos são destacados. A integração e interoperabilidade são fundamentais, exigindo a harmonização de pessoas, dados, serviços e objetos na I4.0. Ambientes de implementação enfrentam complexidades, incluindo interação com o ambiente individual, adaptação organizacional e cumprimento de metas. A gestão de recursos humanos e conhecimento é importante, assim como fatores externos, como incertezas e cultura organizacional, influenciam o sucesso. Em resumo, abordagens estratégicas e adaptativas são essenciais para lidar com esses desafios multidimensionais na robótica.

Este estudo apresenta limitações. Em primeiro lugar, a escolha dos artigos privilegiou a base listada no ranking da ABS, o que poderia resultar na exclusão de fontes relevantes. Além disso, as revisões sistemáticas da literatura são suscetíveis a vieses de publicação e de estudos primários. Em segundo lugar, as decisões relativas aos critérios de inclusão e exclusão, embora tomadas de forma independente pelos pesquisadores, podem conter elementos subjetivos, especialmente quando os trabalhos revisados não fornecem descrições detalhadas.

Contribuições significativas para pesquisas futuras podem ser identificadas neste estudo. Sugere-se, como direção de trabalho futuro, a ampliação da análise para além dos artigos da ABS, visando uma compreensão abrangente das barreiras em questão. Adicionalmente, na próxima iteração deste artigo, a inclusão de uma tabela ao final é recomendada, a qual detalharia o nome da barreira, sua definição e os autores que abordam tal barreira. A consideração de um enfoque em duas fases, inicialmente focando nas revistas pertencentes à ABS e, em seguida, expandindo a pesquisa para os demais artigos da amostra, pode ser benéfica para a identificação de possíveis barreiras não previamente exploradas.

Referências

- Akinlolu, M., Haupt, T. C., Edwards, D. J., & Simpeh, F. (2022). A bibliometric review of the status and emerging research trends in construction safety management technologies. *International Journal of Construction Management*, 22(14), 2699-2711.
- Bhattacharya, S., & Chatterjee, A. (2022). Digital project driven supply chains: a new paradigm. *Supply Chain Management: An International Journal*, 27(2), 283-294.
- Bhattacharya, S., & Momaya, K. S. (2021). Actionable strategy framework for digital transformation in AECO industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(5), 1397-1422.
- Brunetti, F., Matt, D. T., Bonfanti, A., De Longhi, A., Pedrini, G., & Orzes, G. (2020). Digital transformation challenges: strategies emerging from a multi-stakeholder approach. *The TQM Journal*, 32(4), 697-724.

- 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.
- Chouki, M., Fernandes, V., & Ruel, S. (2022, May). Knowledge management as a key dimension of digital project integration: exploring constructs. In *Supply Chain Forum: An International Journal* (pp. 1-16). Taylor & Francis.
- Dixit, V., & Verma, P. (2022). Identification, assessment, and quantification of new risks for Logistics 4.0. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 1-25.
- Dobrucali, E., Demirkesen, S., Sadikoglu, E., Zhang, C., & Damci, A. (2022). Investigating the impact of emerging technologies on construction safety performance. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- 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.
- 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.
- Hacker, J. V., Johnson, M., Saunders, C., & Thayer, A. L. (2019). Trust in virtual teams: A multidisciplinary review and integration. *Australasian Journal of Information Systems*, 23.
- Hall, D. M., Whyte, J. K., & Lessing, J. (2020). Mirror-breaking strategies to enable digital manufacturing in Silicon Valley construction firms: a comparative case study. *Construction management and economics*, 38(4), 322-339.
- Hanelt, A., Bohnsack, R., Marz, D., & Antunes Marante, C. (2021). A systematic review of the literature on digital transformation: Insights and implications for strategy and organizational change. *Journal of Management Studies*, 58(5), 1159-1197.
- Hausberg, J. P., Liere-Netheler, K., Packmohr, S., Pakura, S., & Vogelsang, K. (2019). Research streams on digital transformation from a holistic business perspective: a systematic literature review and citation network analysis. *Journal of Business Economics*, 89, 931-963.
- Herm, L. V., Janiesch, C., Helm, A., Imgrund, F., Hofmann, A., & Winkelmann, A. (2023). A framework for implementing robotic process automation projects. *Information Systems and E-Business Management*, 21(1), 1-35.
- International Federation of Robotics (2023) Standardization
<https://ifr.org/standardisation>. Accessed 27 May 2023

- Jedynak, M., Czakon, W., Kuźniarska, A., & Mania, K. (2021). Digital transformation of organizations: what do we know and where to go next?. *Journal of Organizational Change Management*, 34(3), 629-652.
- Kanski, L., & Pizon, J. (2023). The impact of selected components of industry 4.0 on project management. *Journal of Innovation & Knowledge*, 8(1), 100336.
- Kim, S., Choi, B., & Lew, Y. (2021). Where Is the Age of Digitalization Heading? The Meaning, Characteristics, and Implications of Contemporary Digital Transformation. *Sustainability*.
- Marnewick, C., & Marnewick, A. L. (2019). The demands of industry 4.0 on project teams. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(3), 941-949.
- Marion, T. J., & Fixson, S. K. (2021). The transformation of the innovation process: How digital tools are changing work, collaboration, and organizations in new product development. *Journal of Product Innovation Management*, 38(1), 192-215.
- Papadonikolaki, E., Krystallis, I., & Morgan, B. (2022). Digital technologies in built environment projects: review and future directions. *Project Management Journal*, 53(5), 501-519.
- Pollock, A., & Berge, E. (2018). How to do a systematic review. *International Journal of Stroke*, 13(2), 138-156.
- 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.
- Si, S., & Chen, H. (2020). A literature review of disruptive innovation: What it is, how it works and where it goes. *Journal of Engineering and Technology Management*, 56, 101568.
- 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.
- 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.
- 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.
- Wu, T. (2021). Digital project management: rapid changes define new working environments. *Journal of Business Strategy*
- Yap, J. B. H., Skitmore, M., Lam, C. G. Y., Lee, W. P., & Lew, Y. L. (2022). Advanced technologies for enhanced construction safety management: investigating Malaysian perspectives. *International Journal of Construction Management*, 1-10