



DESAFIOS DA INDÚSTRIA 4.0: UM ESTUDO SOBRE AS BARREIRAS EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

CHALLENGES OF INDUSTRY 4.0: A STUDY ON BARRIERS IN SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES

Fábio Ferraz Júnior ^{1, i}

José Sérgio Medeiros Junior ^{2, ii}

Data de submissão: (30/05/2024) Data de aprovação: (25/06/2024)

RESUMO

A Indústria 4.0 (I4.0) visa melhorar os processos industriais, incluindo fabricação, engenharia, gerenciamento de materiais etc. No entanto, a maioria das pequenas e médias empresas (PMEs) enfrentam barreiras na adoção da I4.0. Este artigo analisa as principais barreiras enfrentadas por PMEs na implementação da I4.0. Utilizando uma abordagem qualitativa para atingir este propósito, foi realizada uma revisão sistemática da literatura (RSL), através da metodologia *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses* (PRISMA 2020). Os resultados evidenciam que as principais barreiras identificadas são custos e recursos financeiros, gestão do conhecimento, mudanças de hábitos nos processos, riscos cibernéticos e interrupções no processo produtivo.

Palavras-chave: Indústria 4.0; PMEs; PRISMA; barreiras.

ABSTRACT

Industry 4.0 (I4.0) aims to enhance industrial processes, including manufacturing, engineering, material management, etc. However, most small and medium-sized enterprises (SMEs) face barriers in adopting I4.0. This article analyzes the main barriers faced by SMEs in the implementation of I4.0. Utilizing a qualitative approach to achieve this goal, a systematic literature review (SLR) was conducted using the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020) methodology. The results highlight that the main identified barriers are costs and financial resources, knowledge management, changes in process habits, cyber risks, and disruptions in the production process.

Keywords: Industry 4.0; SMEs; PRISMA; barriers.

¹ Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade de São Paulo e pesquisador do Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade de Araraquara. E-mail: fjunior@uniara.edu.br

² Mestrando em Engenharia da Produção na Universidade de Araraquara e professor da Faculdade de Tecnologia Senai Antonio A. Lobbe. E-mail: jose.sjunior@sp.senai.br



1 INTRODUÇÃO

A adoção da I4.0 enfrenta diversas barreiras significativas, especialmente para PMEs, muitas operam com maquinário antigo que carece de conectividade e interoperabilidade, essenciais para tecnologias da I4.0, como a Internet das Coisas Industrial (IIoT), além disso esses equipamentos geralmente não podem trocar dados, permanecendo isolados no ambiente de produção e dificultando o monitoramento e controle em tempo real (Kolla *et al.*, 2022; Huang *et al.*, 2022).

As PMEs estão, em geral, menos preparadas do que grandes empresas para adotar tecnologias digitais. Enquanto 86% das grandes empresas utilizam pelo menos uma tecnologia digital, esse número cai para 64% nas empresas médias e 42% nas pequenas (CNI, 2022). Essa disparidade evidencia a diferença na preparação tecnológica entre empresas de diferentes tamanhos.

A natureza heterogênea dos ambientes de manufatura, onde coexistem equipamentos de vários fabricantes, com diferentes idades e interfaces, complica a integração das tecnologias da I4.0. Softwares e interfaces proprietários dificultam ainda mais a unificação dos dados e a interoperabilidade (Kolla *et al.*, 2022).

Diante da falta de preparo das PMEs com as tecnologias para a adoção da I4.0, este estudo pretende explorar as principais barreiras para auxiliar as PMEs na transformação digital. Para tanto, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para identificar as principais barreiras enfrentadas pelas PMEs na adoção da I4.0, com foco na gestão da produção.

Para que as PMEs prosperem no futuro, há uma forte sugestão de que adotem a I4.0 para competirem a nível nacional e internacional (Masood e Sonntag, 2020).

Estudos mostram que a adoção de tecnologias digitais tem crescido entre as empresas industriais brasileiras, mas ainda há um longo caminho para a plena integração das tecnologias da I4.0 (CNI, 2022). A modernização dos processos de produção e a incorporação de novas tecnologias podem oferecer monitoramento contínuo, redução de desperdícios e maior eficiência operacional (Huang *et al.*, 2022).

No entanto, a idade avançada dos equipamentos e a complexidade de modernização representam desafios significativos (CNI, 2023). Estratégias eficazes para a implementação da IIoT e a superação das barreiras tecnológicas são cruciais para a competitividade das PMEs na era da quarta revolução industrial (Jiwangkura, Sophatsathit e Chandrachai, 2020).

2 REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com Masood e Sonntag (2020), as PMEs enfrentam obstáculos relacionados a recursos financeiros limitados e falta de conhecimento sobre essas tecnologias emergentes, embora a adoção da I4.0 ofereça benefícios como flexibilidade, eficiência de custos, qualidade e vantagem competitiva,

Outro desafio destacado é a necessidade de infraestrutura adequada, prontidão organizacional, experiência prévia e fatores humanos, como a flexibilidade e o treinamento dos funcionários (Mukherjee *et al.*, 2024). A falta de uma base tecnológica robusta, a cultura organizacional resistente a mudanças e a ausência de *expertise* interna podem dificultar a transição das PMEs para a I4.0.

Além disso, segundo Abdulnour *et al.* (2022), as PMEs podem enfrentar dificuldades

relacionadas ao recrutamento e retenção de talentos, competitividade, integração digital e acesso ao financiamento, portanto a escassez de mão de obra qualificada, a pressão competitiva do mercado global e as barreiras para obter recursos financeiros para investir em tecnologias digitais são obstáculos significativos.

Portanto, apesar dos benefícios potenciais da I4.0, as PMEs precisam superar desafios financeiros, organizacionais, tecnológicos e de capital humano para adotar com sucesso essas tecnologias disruptivas e se manterem competitivas no cenário industrial atual.

3 METODOLOGIA

Para realizar a RSL foi adotada a metodologia PRISMA 2020, um método reconhecido e amplamente adotado por diversos autores, entre eles Page *et al.* (2021).

A metodologia PRISMA 2020 é composta por sete seções que abrangem 27 itens, alguns dos quais contêm subitens. O PRISMA 2020 inclui uma lista de verificação específica para resumos de artigos de revistas e conferências em revisões sistemáticas. Esta lista para resumos é uma versão atualizada da declaração PRISMA de 2013, incorporando as inovações e modificações presentes no PRISMA 2020 (Page *et al.*, 2021).

Essa metodologia é organizada em três etapas distintas e inter-relacionadas: a fase de estudos preliminares, que abrange a identificação e inclusão, a fase de identificação de novos estudos por meio de bases de dados e repositórios, e a fase de identificação de novos estudos por outros métodos. As duas últimas etapas englobam as etapas de identificação, triagem e inclusão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi utilizado a plataforma Scopus com as palavras-chave com seguinte estratégia de busca: (*TITLE-ABS-KEY ("industry 4.0") AND TITLE-ABS-KEY ("sme") OR TITLE-ABS-KEY ("lean") OR TITLE-ABS-KEY ("production management")*), observar que só foram utilizadas palavras em língua inglesa, assim retornaram um total de 1540 documentos que podem corresponder aos critérios de busca.

Através das palavras-chave já mencionadas, os documentos foram selecionados através de critérios de inclusão ou exclusão. Foram utilizados os seguintes critérios de inclusão: (I) Artigos e revisões completas em inglês, (II) Período de 2019 a 2023, (III) Artigos que envolvam I4.0 e PMEs, (IV) Artigos que apresentam alguma relação entre PMEs e *lean* ou gestão da produção, (V) Artigos acessíveis integralmente. Alcançando no final do processo um total de 25 documentos para uma análise completa e minuciosa.

Desta forma, foram identificadas as barreiras na implementação da I4.0 em PMEs, que estão relacionados a custos e recursos financeiros, gestão do conhecimento, mudanças de hábitos nos processos, riscos cibernéticos e interrupções no processo produtivo. Um resumo é mostrado no quadro 1.

Quadro 1 – Barreiras da adoção da I4.0 pelas PMEs

	Barreiras	Autores (ano)
Custos iniciais elevados	A adoção da I4.0 pode exigir investimentos significativos em novas tecnologias e infraestrutura. Isso pode ser um desafio para PMEs com recursos financeiros limitados.	Endrődi-Kovács e Stukovszky (2022) Hung e Chen (2023) Ingaldi e Ulewicz (2019) Melo <i>et al.</i> (2023) Yu e Schweisfurth (2020)
Falta de conhecimento e habilidades	A adoção da I4.0 requer conhecimento e habilidades em tecnologias emergentes. Isso pode ser um desafio para PMEs que não possuem uma força de trabalho qualificada.	Masood e Sonntag (2020) Melo <i>et al.</i> (2023) Schönfuß <i>et al.</i> (2021)
Falta de recursos financeiros	A adoção da I4.0 pode exigir recursos financeiros adicionais para treinamento, consultoria e manutenção de sistemas. Isso pode ser um desafio para PMEs com orçamentos limitados.	Amaral e Peças (2021) Endrődi-Kovács e Stukovszky (2022) Queiroz, Alves Junior e Melo <i>et al.</i> (2022) Schönfuß <i>et al.</i> (2021)
Interrupções na produção	A implementação da I4.0 pode causar interrupções na produção. Isso pode ser um desafio para PMEs com prazos de entrega apertados.	Ingaldi e Ulewicz (2019) Melo <i>et al.</i> (2023) Schönfuß <i>et al.</i> (2021)
Mudanças nos processos de trabalho	A adoção da I4.0 pode exigir mudanças nos processos de trabalho. Isso pode levar a resistência por parte dos colaboradores.	Queiroz, Alves Junior Melo <i>et al.</i> (2022)
Riscos de segurança cibernética	A I4.0 aumenta a dependência de sistemas digitais, o que pode aumentar os riscos de segurança cibernética.	Ingaldi e Ulewicz (2019) Melo <i>et al.</i> (2023) Yu e Schweisfurth (2020)

Fonte: Próprio autor (2024)

5 CONCLUSÃO

Inicialmente, foi realizada uma RSL seguindo o método PRISMA 2020, evidenciando os desafios da adoção da I4.0 pelas PMEs. Os resultados da revisão bibliográfica destacam que, apesar dos desafios, como custos, complexidade de implementação e riscos cibernéticos, a I4.0 pode melhorar a eficiência, produtividade e tomada de decisão nas PMEs.

São apontadas diversas limitações à adoção da I4.0 pelas PMEs. Os altos custos de investimento em novas tecnologias e infraestrutura são comumente citados, considerando os recursos financeiros limitados dessas empresas. Há também desafios gerenciais, como necessidade de mudanças organizacionais, falta de conhecimento especializado e resistência à mudança. Preocupações com segurança da informação e privacidade de dados surgem devido à maior conectividade.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A.; PEÇAS, P. A framework for assessing manufacturing SMEs Industry 4.0 maturity. **Applied Sciences**, v. 11, n. 13, p. 6127, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/app11136127> . Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/13/6127> . Acesso em: 20 fev. 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Sondagem especial**, Brasília, DF, ano 23, n. 88, jun. 2023. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/88/c3/88c3a7d5-2902-41ef-8eec-ca7a309c7a5a/sondespecial_idadedasmaquinas_julho2023.pdf . Acesso em 13 set. 23



CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Sondagem especial**, Brasília, DF, ano 21, n. 83, abr. 2022. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/sondesp-83-industria-40-cinco-anos-depois/>. Acesso em 13 set. 23.

ENDRŐDI-KOVÁCS, V.; STUKOVSKY, T. The adoption of industry 4.0 and digitalisation of Hungarian SMEs. **Society and Economy**, v. 44, n. 1, p. 138-158, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1556/204.2021.00024>. Disponível em: <https://akjournals.com/view/journals/204/44/1/article-p138.xml>. Acesso em: 20 fev. 2024.

HUANG, Z. *et al.* The implementation of Industry 4.0 in manufacturing: From lean manufacturing to product design. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 121, n. 5-6, p. 3351-3367, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00170-022-09511-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00170-022-09511-7#citeas>. Acesso em: 22 fev. 2024.

HUNG, H.-C.; CHEN, Y.-W. Striving to Achieve United Nations Sustainable Development Goals of Taiwanese SMEs by Adopting Industry 4.0. **Sustainability**, v. 15, n. 3, p. 2111, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15032111>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/3/2111>. Acesso em: 22 fev. 2024.

INGALDI, M.; ULEWICZ, R. Problems with the Implementation of Industry 4.0 in Enterprises from the SME Sector. **Sustainability**, v. 12, n. 1, p. 217, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12010217>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/1/217>. Acesso em: 6 mar. 2024.

JIWANGKURA, S.; SOPHATSATHIT, P.; CHANDRACHAI, A. Industrial internet of things implementation strategies with HCI for SME Adoption. **International Journal of Automation and Smart Technology**, v. 10, n. 1, p. 153-168, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5875/ausmt.v10i1.2108>. Disponível em: <https://gigvvy.com/journals/ausmt/articles/ausmt-2020-10-01-2108>. Acesso em: 6 mar. 2024.

KOLLA, S. S. V. K. *et al.* Retrofitting of legacy machines in the context of Industrial Internet of Things (IIoT). **Procedia Computer Science**, v. 200, p. 62-70, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.205>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922002149>. Acesso em: 17 mar. 2024.

MASOOD, T.; SONNTAG, P. Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs. **Computers in Industry**, v. 121, p. 103261, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103261>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361520304954>. Acesso em: 20 fev. 2024.

MELO, I. C. *et al.* Sustainable digital transformation in small and medium enterprises (SMEs): A review on performance. **Heliyon**, 2023. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13908> .Disponível em:

[https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(23\)01115-](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(23)01115-5?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844023011155%3Fshowall%3Dtrue)

[5?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844023011155%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(23)01115-5?returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844023011155%3Fshowall%3Dtrue) . Acesso em: 22 fev. 2024.

PAGE, M. J. *et al.* (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **Bmj**, v. 372, n. 71, p. 1-9, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71> .

Disponível em: <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71.short> . Acesso em: 30 jan. 2024.

QUEIROZ, G. A.; ALVES JUNIOR, P. N.; MELO, I. C. Digitalization as an enabler to SMEs implementing lean-green? A systematic review through the topic modelling approach.

Sustainability, v. 14, n. 21, p. 14089, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su142114089> .

Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/21/14089> . Acesso em: 6 mar. 2024.

YU, F.; SCHWEISFURTH, T. Industry 4.0 technology implementation in SMEs—A survey in the Danish-German border region. **International Journal of Innovation Studies**, v. 4, n. 3, p. 76-84, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2020.05.001> . Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2096248720300229> . Acesso em: 6 mar. 2024.

Sobre os Autores:

i Fábio Ferraz Júnior



Possui graduação em Engenharia Mecânica (ênfase Mecatrônica) pela USP (1999), mestrado (2002) e doutorado (2007) em Engenharia Mecânica (Automação de Processos de Fabricação) pela USP; MBA em IA e Big Data pelo ICMC-USP (2022). Atualmente é diretor da SENSOFT Automação Ltda, pesquisador do Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da UNIARA e professor de graduação do INSPER. CV: <http://lattes.cnpq.br/5316954799417804>. Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-5945-5830>,

ii José Sérgio Medeiros Junior



Mestrando em Engenharia da Produção pela UNIARA. Pós-Graduação Lato Sensu em Indústria 4.0 pela UNINTER (2020). Licenciado em Eletrônica pela Fatec (2008). Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Estratégica de Empresa pela UNICEP (2006) e Graduado em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica pela UNIP (2001). CV: <http://lattes.cnpq.br/5556395715782877>. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6204-0153>.