

EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A TRANSIÇÃO DA INDÚSTRIA 4.0 PARA A INDÚSTRIA 5.0 (2020–2024) ODS (9)

Tamy Fernandes Pereira (Unesp)

Maximilian Espuny (Unesp)

Otávio José de Oliveira (Unesp)

Resumo

A Indústria 4.0 consolidou-se como o principal marco da digitalização industrial contemporânea, ao integrar sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas (IoT) e inteligência artificial, promovendo automação avançada, eficiência produtiva e integração em tempo real. Contudo, críticas recentes apontam a predominância de ganhos tecnológicos e econômicos em detrimento de dimensões humanas, éticas e ambientais. Nesse cenário, a Indústria 5.0 surge como abordagem complementar que busca restabelecer o equilíbrio entre inovação tecnológica, sustentabilidade e valorização do capital humano, por meio da colaboração homem-máquina e do alinhamento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Este artigo analisou a evolução da produção científica relacionada à transição entre os dois modelos no período de 2020 a 2024, por meio de revisão bibliométrica sistematizada na base Scopus, com filtros para journals, tipos article e review e idioma inglês. A busca resultou em 88 documentos, evidenciando trajetória ascendente e a diversificação de enfoques teóricos e metodológicos. Os achados indicam a consolidação do tema como campo emergente de investigação, com crescente integração entre tecnologia, sustentabilidade e centralidade humana. Os resultados oferecem uma visão abrangente do estágio atual do conhecimento e subsidiam agendas de pesquisa, políticas públicas e práticas de gestão voltadas à inovação sustentável e a um desenvolvimento industrial centrado nas pessoas.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Indústria 5.0; Transformação digital.

Introdução

A Indústria 4.0 consolidou-se como um marco da transformação digital contemporânea, redefinindo o modo como produtos são concebidos, fabricados e entregues. Fundamentada na convergência entre sistemas ciberfísicos, Internet das Coisas (IoT), *big data*, computação em nuvem, inteligência artificial e demais tecnologias digitais emergentes, ela proporcionou automação avançada e integração

em tempo real entre pessoas, máquinas e processos. Esse movimento elevou a eficiência operacional, a rastreabilidade e a competitividade das organizações, inaugurando o conceito de fábricas inteligentes e cadeias produtivas altamente conectadas (MOURTZIS *et al.*, 2022; XU *et al.*, 2021). Entretanto, à medida que os avanços tecnológicos se intensificaram, surgiram críticas quanto à predominância de objetivos econômicos e tecnológicos em detrimento de valores humanos, éticos e ambientais (ZIZIC *et al.*, 2022).

Nesse contexto, emergiu a Indústria 5.0 como uma resposta e extensão do paradigma anterior, voltada a restaurar o equilíbrio entre inovação tecnológica, sustentabilidade e valorização do capital humano. Essa nova abordagem não representa uma ruptura, mas sim uma ampliação dos propósitos industriais, incorporando princípios de resiliência, circularidade e humanização dos sistemas produtivos (GRABOWSKA *et al.*, 2022). A Indústria 5.0 propõe um modelo em que a colaboração homem-máquina assume papel central, buscando potencializar as capacidades humanas por meio de tecnologias inteligentes, e não substituí-las. Além disso, reforça o alinhamento das práticas produtivas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), destacando a importância de sistemas industriais mais éticos, flexíveis e ambientalmente responsáveis (SANTHI; MUTHUSWAMY, 2023).

Apesar da crescente popularidade do termo, a transição entre a Indústria 4.0 e a Indústria 5.0 ainda é um campo teórico em consolidação. As fronteiras conceituais entre ambos os modelos permanecem difusas, especialmente no que se refere à forma como os valores humanos e sustentáveis são operacionalizados nas organizações. Diversos autores argumentam que a literatura ainda carece de uma compreensão sistematizada sobre como essa evolução tem sido abordada na produção científica internacional. Tal lacuna teórica revela a necessidade de estudos que investiguem o grau de maturidade e a evolução do debate acadêmico, identificando tendências emergentes, domínios temáticos e conexões interdisciplinares entre áreas como engenharia de produção, inovação tecnológica, gestão e sustentabilidade (GRABOWSKA *et al.*, 2022; ZIZIC *et al.*, 2022).

A compreensão dessa transição é particularmente relevante em um cenário global caracterizado por desafios socioeconômicos, mudanças regulatórias e crises

ambientais que exigem novas formas de organização industrial. Ao integrar os pilares da sustentabilidade e da resiliência organizacional à transformação digital, a Indústria 5.0 oferece um caminho promissor para o desenvolvimento de modelos produtivos mais adaptáveis, éticos e orientados ao bem-estar social. Assim, mapear o avanço da pesquisa científica sobre essa transição permite identificar não apenas as tendências teóricas e tecnológicas predominantes, mas também os vazios de investigação que ainda dificultam a consolidação de uma base conceitual robusta (IVANOV, 2022).

Nos últimos anos, observa-se um aumento expressivo na quantidade de publicações dedicadas ao tema, principalmente entre 2020 e 2024, refletindo o amadurecimento do debate sobre a integração entre tecnologia, sociedade e sustentabilidade. Esse crescimento sinaliza que a Indústria 5.0 está gradualmente se consolidando como uma nova abordagem de pesquisa e prática industrial, capaz de redefinir as estratégias de competitividade global. Estudos de natureza bibliométrica e revisões sistemáticas assumem papel essencial nesse contexto, pois possibilitam uma visão panorâmica das contribuições científicas, mapeando redes de colaboração, palavras-chave recorrentes e áreas emergentes de investigação (WAHEED; MARCHETTI, 2023).

Nesse sentido, o presente trabalho busca responder à seguinte questão de pesquisa: Como a produção científica internacional tem abordado a transição conceitual e prática entre a Indústria 4.0 e a Indústria 5.0, especialmente no que se refere à incorporação de valores humanos, sustentáveis e resilientes nos sistemas produtivos? Para isso, este artigo tem como objetivo analisar a evolução da produção científica relacionada à transição da Indústria 4.0 para a Indústria 5.0, mapeando a distribuição temporal das publicações, as principais tendências de pesquisa e o crescimento do interesse acadêmico no período de 2020 a 2024. Por meio de uma revisão bibliométrica sistematizada, busca-se compreender como a literatura tem abordado essa transição, destacando autores, periódicos, países e áreas temáticas mais influentes.

Revisão da literatura

O desenvolvimento das ferramentas digitais proporcionou às empresas avanços significativos em inovação tecnológica. Nesse contexto, surgiu uma iniciativa

conhecida como Indústria 4.0 (I4.0), que envolve a integração de tecnologias avançadas e a transformação digital dos processos produtivos (SANTOS *et al.*, 2021). Além de integrar os sistemas de operações fabris e as tecnologias de informação, a I4.0 também incorpora os fluxos de comunicação necessários para maior assertividade na tomada de decisão empresarial (DALENOGARE *et al.*, 2018).

O termo originou-se de um projeto de alta tecnologia do governo alemão em 2011, sendo introduzido publicamente durante a Feira de Hannover no mesmo ano, e rapidamente ganhou reconhecimento e aceitação mundial. Diversos países seguiram o exemplo, iniciando programas estratégicos próprios e dedicando recursos substanciais à implantação e ao desenvolvimento das tecnologias associadas à I4.0 (XU *et al.*, 2021). Essa revolução modificou significativamente a forma como as empresas operam, ao conectar os mundos real e virtual, máquinas e softwares, construindo os chamados sistemas ciberfísicos de produção e impactando diretamente a economia global (SANTOS *et al.*, 2021).

O Boston Consulting Group identificou nove tecnologias habilitadoras principais da I4.0: *big data*, robôs autônomos, simulação, integração de sistemas horizontal e vertical, Internet das Coisas, segurança cibernética, armazenamento em nuvem, manufatura aditiva e realidade aumentada (RÜSSMANN *et al.*, 2015). No entanto, há outras tecnologias e ferramentas que complementam esse cenário, como a robótica avançada, drones, inteligência artificial, aprendizado de máquina, biotecnologia, medicina de precisão, realidade virtual, sistemas de realidade mista e impressão multidimensional (SANTOS *et al.*, 2021).

Essas tecnologias oferecem vantagens competitivas em relação à manufatura tradicional, permitindo a coordenação inteligente de máquinas, sensores e dispositivos na chamada manufatura inteligente. Esse modelo de produção integrado, colaborativo e conectado responde de forma ágil à evolução dos requisitos de fábrica, às condições das redes de fornecimento e às necessidades dos consumidores em tempo real (TAMBARE *et al.*, 2022). Além de promover o aumento da produtividade e da flexibilidade do sistema industrial, as tecnologias da I4.0 favorecem o controle de processos e produtos, proporcionando melhorias na qualidade e na eficiência organizacional.

O surgimento da I4.0 trouxe às organizações benefícios expressivos, como melhorias operacionais em processos, produtos, segurança, qualidade, confiabilidade e meio ambiente, além de ganhos econômicos e mercadológicos (ZONNENSHAIN; KENETT, 2020). As empresas que adotam a I4.0 apresentam características estratégicas específicas, como flexibilidade na fabricação de pequenos lotes, rapidez na prototipagem, aumento da capacidade produtiva, personalização em massa, redução de erros, desperdícios e tempo de máquina parada, resultando em melhor gestão de custos e maior qualidade do processo e do produto (BÜCHI *et al.*, 2020).

Contudo, à medida que a I4.0 se consolidava, surgiram desafios relacionados à sua ênfase em digitalização e eficiência produtiva, frequentemente em detrimento de aspectos humanos e sociais. A tecnologia passou a ser questionada por negligenciar o bem-estar dos trabalhadores, a valorização dos princípios sociais nas relações com os *stakeholders* e o fomento à sustentabilidade (XU *et al.*, 2021).

Em resposta a essas novas demandas empresariais e sociais, emergiu a Quinta Revolução Industrial, ou Indústria 5.0 (I5.0). Esse conceito propõe o uso de recursos tecnológicos para promover processos produtivos resilientes e sustentáveis, que respeitem os limites do planeta e coloquem as necessidades humanas no centro das decisões (XU *et al.*, 2021). Enquanto a I4.0 tem como principal objetivo a automação e a eficiência produtiva, a I5.0 busca fomentar a inovação empresarial por meio da colaboração entre humanos e máquinas autônomas, com foco em processos sustentáveis e flexíveis (NAHAVANDI, 2019).

A I5.0 apoia-se em três elementos fundamentais: sustentabilidade, foco no ser humano e resiliência. A sustentabilidade incentiva o desenvolvimento de processos circulares que reutilizem recursos naturais, reduzam desperdícios e minimizem impactos ambientais. O foco no ser humano visa adaptar o processo produtivo às necessidades do trabalhador, e a resiliência refere-se à capacidade de resposta rápida a variações de mercado e crises, como guerras e pandemias (BREQUE *et al.*, 2021; IVANOV, 2023). A pandemia de COVID-19, em especial, evidenciou vulnerabilidades industriais e levou diversos países a reforçarem a autonomia de suas cadeias produtivas (LENG *et al.*, 2022).

Os benefícios da I5.0 estão associados à inovação responsável, que consiste em adaptar tecnologias às necessidades dos colaboradores, garantindo o respeito à

privacidade, à autonomia e à dignidade humana (BREQUE *et al.*, 2021). A colaboração entre humanos e máquinas estimula a criatividade e a eficácia do trabalho, uma vez que tarefas repetitivas podem ser automatizadas, permitindo que os profissionais se concentrem em atividades criativas e estratégicas (NAHAVANDI, 2019).

A I5.0 também tem potencial para gerar novos postos de trabalho, impulsionados pelo avanço dos sistemas inteligentes, da inteligência artificial e da robótica, além de fomentar o crescimento de *startups* que desenvolvem soluções robóticas personalizadas (NAHAVANDI, 2019). Essa transformação movimenta a economia global e estimula o investimento em inovação tecnológica.

Os benefícios da I5.0 vão além da interação humano-tecnologia, abrangendo ganhos em sustentabilidade e resiliência corporativa. O uso contínuo de ferramentas digitais permite mapear com precisão as cadeias de suprimentos, gerenciar flutuações de oferta e demanda e tornar as organizações mais flexíveis diante de crises (IVANOV, 2023). A manufatura inteligente, ao integrar automação e análise de dados, acelera a inovação e aprimora a tomada de decisão (JAVAID; HALEEM, 2020). Do ponto de vista ambiental, a I5.0 contribui para o ciclo de vida estendido dos produtos e a redução das emissões de poluentes, favorecendo a economia circular (BREQUE *et al.*, 2021; IVANOV, 2023).

Apesar de seu potencial, a I5.0 ainda apresenta desafios relevantes, especialmente no que se refere à integração efetiva entre inovação tecnológica e colaboração humana. Há necessidade de mais estudos sobre formas economicamente viáveis de implementar a centralização no ser humano sem comprometer a competitividade empresarial. Além disso, a velocidade da evolução tecnológica impõe desafios aos modelos tradicionais de gestão, exigindo que a inovação digital seja incorporada de forma contínua às estratégias organizacionais (ASLAM *et al.*, 2020).

Método

A pesquisa apresenta caráter exploratório e descritivo e, quanto aos procedimentos técnicos, caracteriza-se como um estudo bibliográfico fundamentado

na análise de artigos científicos indexados na base Scopus. A busca foi realizada por meio da seguinte estratégia:

TITLE (industr* 4.0 AND industr* 5.0) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re")) AND (LIMIT-TO (SRCTYPE , "j")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")).

Foram selecionados artigos e revisões publicados em periódicos revisados por pares, no idioma inglês, entre 2020 e 2024, por refletirem o período de maior consolidação do conceito de Indústria 5.0 na literatura internacional. Os dados obtidos foram organizados e analisados de forma descritiva, considerando número de publicações, principais autores, países e temáticas recorrentes.

O método adotado permite identificar tendências e lacunas de pesquisa, fornecendo subsídios para a compreensão do estágio atual da discussão científica sobre a transição entre os dois modelos industriais e seu alinhamento aos princípios de sustentabilidade e valorização do ser humano.

Resultados

A análise bibliométrica foi conduzida na base de dados Scopus, considerando o recorte temporal de 2020 a 2024 e utilizando como critério de busca publicações que abordassem simultaneamente os termos *Industry 4.0* e *Industry 5.0* nos títulos. Foram aplicados filtros para restringir os resultados a documentos do tipo *article* e *review*, publicados em periódicos científicos (*journals*) e redigidos no idioma inglês. Após a aplicação dos filtros, a busca resultou em 88 documentos válidos, refletindo o crescimento expressivo do interesse acadêmico pelo tema nos últimos cinco anos.

Os resultados evidenciam uma evolução consistente da produção científica sobre a transição entre a Indústria 4.0 e a Indústria 5.0. Em 2020, provavelmente pelo fato de o tema ser emergente, apenas dois artigos tratavam diretamente da temática, número que aumentou para sete publicações em 2021, 21 em 2022 e 20 em 2023, alcançando 38 publicações em 2024 — o que representa quase o dobro em relação ao ano anterior. Esse avanço demonstra que o tema vem se consolidando como um campo emergente de investigação científica, acompanhando o fortalecimento da agenda internacional voltada à sustentabilidade, à digitalização e à valorização do fator humano na produção industrial.

A tendência de crescimento progressivo pode ser interpretada como resultado da ampliação do debate acadêmico sobre a integração entre tecnologia e sociedade, sobretudo após o impacto da pandemia de COVID-19, que reforçou a importância de sistemas produtivos mais resilientes e humanizados. A literatura recente reflete essa transformação ao incorporar enfoques que extrapolam a dimensão tecnológica e passam a incluir aspectos éticos, sociais e organizacionais.

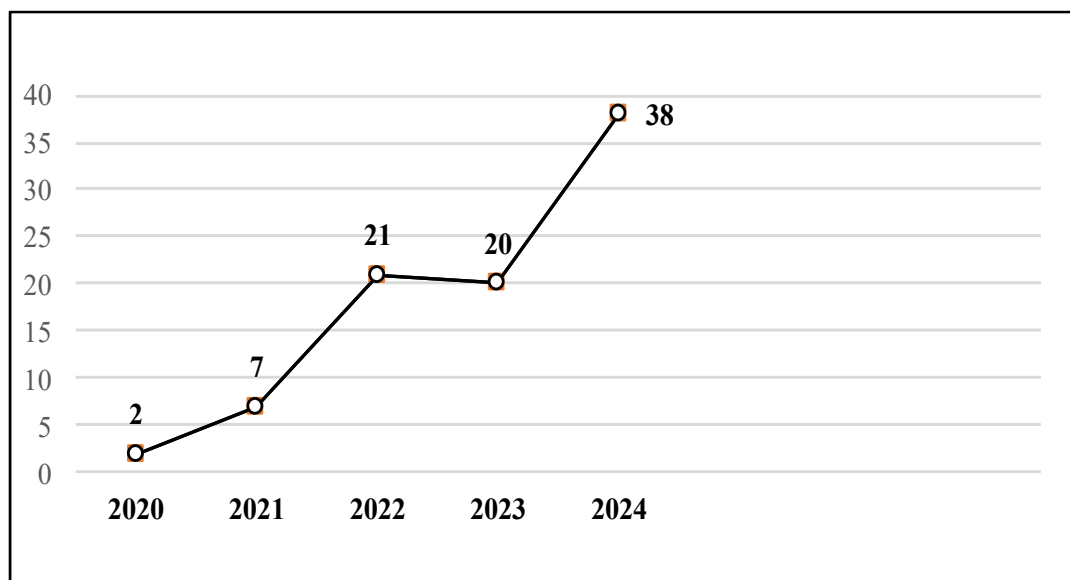
Entre os estudos mais citados sobre a transição entre a Indústria 4.0 e a Indústria 5.0, destacam-se os trabalhos de Xu *et al.* (2021), com 1.643 citações, que estabelecem o enquadramento teórico da transição entre os paradigmas industriais e se consolidam como referência seminal na área; de Mourtzis *et al.* (2022), com 364 citações, que exploram as oportunidades e desafios da evolução em direção à *Society 5.0* e propõem uma visão integrada entre os domínios tecnológico e social; e de Zizic *et al.* (2022), com 300 citações, que discutem as mudanças estruturais centradas nas dimensões humana, organizacional e tecnológica, contribuindo para o entendimento da reconfiguração produtiva no contexto da quinta revolução industrial. Grabowska, Saniuk e Gajdzik (2022), com 255 citações, abordam o aprimoramento da humanização e da sustentabilidade como eixos fundamentais da Indústria 5.0, ampliando a compreensão sobre o papel do trabalhador nos ecossistemas produtivos inteligentes. Raja Santhi e Muthuswamy (2023), com 243 citações, apresentam uma análise comparativa entre as tecnologias emergentes das Indústrias 4.0 e 5.0, discutindo perspectivas de integração entre automação, inteligência artificial e colaboração homem-máquina. Esses autores, de forma conjunta, têm contribuído de maneira significativa para consolidar as bases conceituais e epistemológicas da Indústria 5.0, influenciando o direcionamento de pesquisas subsequentes e a formulação de novos modelos de integração entre inovação tecnológica, sustentabilidade e desenvolvimento humano.

Além da relevância dos estudos mais citados, a análise bibliométrica evidencia a contribuição geográfica na consolidação do campo de pesquisa. Observa-se que os países com maior número de publicações são a Índia, com 12 documentos, seguida pela Polônia, com 11, e pela Indonésia e o Reino Unido, ambas com 10 publicações cada. Essa distribuição geográfica revela a expansão do interesse pela transição entre a Indústria 4.0 e a Indústria 5.0 em diferentes contextos socioeconômicos,

demonstrando que o debate ultrapassa as fronteiras europeias e ganha força em países emergentes da Ásia. Tal diversidade regional reforça o caráter global do tema e evidencia que a consolidação da Indústria 5.0 ocorre por meio de múltiplas perspectivas culturais, tecnológicas e institucionais, refletindo diferentes estágios de maturidade industrial e de incorporação dos princípios de sustentabilidade e centralidade humana.

Os dados quantitativos, representados na Figura 1, reforçam a trajetória ascendente da produção científica, evidenciando não apenas o aumento do número de publicações, mas também a diversificação de abordagens e perspectivas teóricas. Esse movimento sinaliza que a Indústria 5.0 vem se configurando como um eixo multidimensional de pesquisa, no qual convergem temas como automação inteligente, sustentabilidade industrial, resiliência organizacional e bem-estar do trabalhador — elementos que consolidam a transição de um modelo puramente tecnológico para outro centrado nas pessoas.

Figura 1 – Produção científica sobre a Indústria 5.0 (2020-2024).



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

De modo geral, os resultados obtidos indicam que a discussão sobre a Indústria 5.0 vem ganhando robustez teórica e ampliando seu alcance interdisciplinar,

especialmente nos eixos que relacionam tecnologia, sustentabilidade e centralidade humana. O aumento da produção científica sugere que a transição entre as duas indústrias não é apenas tecnológica, mas também conceitual, envolvendo uma reconfiguração dos valores e das práticas produtivas rumo a modelos mais éticos e colaborativos. A literatura recente aponta, ainda, para a necessidade de aprofundar as análises sobre os impactos da Indústria 5.0 nos sistemas produtivos, na formação de competências profissionais e nas políticas industriais voltadas à inovação sustentável. Assim, a consolidação desse campo representa um avanço significativo para o entendimento das transformações que caracterizam a quinta revolução industrial e abre espaço para novas investigações sobre o papel do ser humano em ecossistemas produtivos digitalmente integrados.

Conclusão

A evolução das publicações entre 2020 e 2024 evidencia o crescimento consistente do interesse científico na transição da Indústria 4.0 para a Indústria 5.0, confirmando a ampliação gradual desse campo de estudo. O aumento do número de trabalhos, sobretudo nos dois últimos anos do recorte temporal, demonstra a consolidação conceitual dessa nova etapa industrial e o reconhecimento de que a transformação digital precisa incorporar dimensões humanas e sustentáveis para alcançar maior legitimidade social. Observa-se, assim, que a Indústria 5.0 não substitui a Indústria 4.0, mas a complementa, ampliando seus limites tecnológicos para incluir propósitos éticos, ambientais e colaborativos.

Os resultados reforçam a importância de compreender a Indústria 5.0 como um fenômeno multidimensional, cuja consolidação depende da integração equilibrada entre inovação tecnológica, resiliência organizacional e bem-estar humano. Essa perspectiva amplia as fronteiras do conhecimento científico ao propor um modelo de desenvolvimento industrial mais inclusivo e responsável. A continuidade desse campo de investigação mostra-se estratégica para alinhar os avanços tecnológicos às demandas sociais e ambientais da próxima década, orientando políticas públicas, práticas empresariais e novas agendas de pesquisa que contribuam para o fortalecimento de um futuro industrial mais sustentável e centrado nas pessoas.

Do ponto de vista acadêmico, este artigo sintetiza e consolida as principais tendências teóricas, identificando a evolução do debate de uma perspectiva puramente tecnológica para uma abordagem centrada no ser humano e na sustentabilidade. Do ponto de vista aplicado, os gestores industriais podem utilizar o mapeamento das tendências como um guia estratégico para orientar investimentos em tecnologias que, de fato, habilitem a colaboração homem-máquina e promovam a sustentabilidade, alinhando-se às expectativas da sociedade e às demandas regulatórias emergentes. Para os gestores públicos, o estudo evidencia a necessidade de políticas industriais que incentivem não apenas a inovação tecnológica, mas também a capacitação da força de trabalho (*upskilling* e *reskilling*) e a adoção de modelos de economia circular, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em particular o ODS 9.

Para estudos futuros, recomenda-se a investigação de modelos operacionais que viabilizem a colaboração humano-máquina na prática, o desenvolvimento de métricas para avaliar a maturidade da Indústria 5.0, análises setoriais específicas sobre a implementação dos princípios de sustentabilidade e resiliência, estratégias de requalificação da força de trabalho, políticas públicas de incentivo, e a exploração de sinergias entre tecnologias habilitadoras e economia circular, visando superar as lacunas teóricas e operacionais identificadas nesta revisão.

Referências

ASLAM, F. *et al.* Defining and measuring Industry 4.0 maturity levels – case of manufacturing industry. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, v. 6, n. 4, p. 1-23, 2020. DOI: 10.3390/joitmc6040123.

BREQUE, M.; DE NUL, L.; PETERS, A. *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Luxembourg: European Commission, 2021. DOI: 10.2777/308407.

BÜCHI, G.; CUGNO, M.; CASTAGNOLI, R. Smart factory performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 156, p. 120047, 2020. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120047.

DALENOGARE, L. S.; BENITEZ, G. B.; AYALA, N. F.; FRANK, A. G. The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, v. 204, p. 383-394, 2018. DOI: 10.1016/j.ijpe.2018.08.019.

GRABOWSKA, S.; SANIUK, S.; GAJDZIK, B. Industry 5.0: Improving humanization and sustainability of Industry 4.0. *Scientometrics*, v. 127, n. 3, p. 1585-1604, 2022. DOI: 10.1007/s11192-021-04211-4.

IVANOV, D. *Supply chain viability and the COVID-19 pandemic: a conceptual and formal generalisation of four major adaptation strategies. International Journal of Production Research*, v. 60, n. 11, p. 3519–3538, 2022. DOI: 10.1080/00207543.2022.2118892

IVANOV, D. Industry 5.0 and supply chain resilience: managing disruption risks in the next generation of industry. *International Journal of Production Research*, v. 61, n. 14, p. 4625-4644, 2023. DOI: 10.1080/00207543.2023.2199423.

JAVAID, M.; HALEEM, A. Industry 5.0: A new revolution of industry and its impact on society. *Journal of Industrial Integration and Management*, v. 5, n. 1, p. 79-95, 2020. DOI: 10.1142/S2424862220500049.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LENG, J.; JIANG, P.; XU, K.; LI, L. Industrial transformation and smart manufacturing post-COVID-19: perspectives from Industry 5.0. *Computers & Industrial Engineering*, v. 169, p. 108223, 2022. DOI: 10.1016/j.cie.2022.108223.

MOURTZIS, D.; ANGELOPOULOS, J.; PANOPOULOS, N. A literature review of the challenges and opportunities of the transition from Industry 4.0 to Society 5.0. *Energies*, v. 15, n. 3, p. 627, 2022. DOI: 10.3390/en15030627.

NAHAVANDI, S. Industry 5.0: A human-centric solution. *Sustainability*, v. 11, n. 16, p. 4371, 2019. DOI: 10.3390/su11164371.

RÜSSMANN, M.; LORENZ, M.; GERBERT, P.; WALDNER, M.; JUSTUS, J.; ENGEL, P.; HARNISCH, M. *Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries*. Boston: The Boston Consulting Group, 2015.

SANTHI, A. R.; MUTHUSWAMY, P. Industry 5.0 or Industry 4.0? Introduction to Industry 4.0 and a peek into the prospective Industry 5.0 technologies. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, v. 17, n. 2, p. 619-632, 2023. DOI: 10.1007/s12008-023-01289-4.

SANTOS, N. C. S.; MEDEIROS, E. D.; GOHR, C. F. Modelos de maturidade para a indústria 4.0: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Gestão & Tecnologia*, v. 24, n. 5, 2024. DOI: 10.20397/2177-6652/2024.v24i5.2823.

TAMBARE, P.; MESHARAM, C.; LEE, C.-C.; RAMTEKE, R. J.; IMOIZE, A. L. Performance Measurement System and Quality Management in Data-Driven Industry 4.0: A Review. *Sensors*, v. 22, n. 1, p. 224, 2022. DOI: 10.3390/s22010224.

WAHEED, A.; MARCHETTI, N. Quality 5.0: Empowering digital transformation for sustainable development goals. *Sustainability*, v. 15, n. 2, p. 1221, 2023. DOI: 10.3390/su15021221.

XU, X.; LU, Y.; VOGEL-HEUSER, B.; WANG, L. Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 61, p. 530-535, 2021. DOI: 10.1016/j.jmsy.2021.10.006.

ZIZIC, M. C.; MLADINEO, M.; GJELDUM, N.; CELENT, L. From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A review and analysis of paradigm shift for the people, organization and technology. *Energies*, v. 15, n. 14, p. 5221, 2022. DOI: 10.3390/en15145221.

ZONNENSHAIN, A.; KENETT, R. S. Quality 4.0—the challenging future of quality engineering. *Quality Engineering*, v. 32, n. 4, p. 614-626, 2020. DOI: 10.1080/08982112.2020.1788216.