

## INDÚSTRIA 4.0/5.0 & RESILIÊNCIA ORGANIZACIONAL

## INDUSTRY 4.0/5.0 & ORGANIZATIONAL RESILIENCE

Douglas Oliveira Pedrozo\*<sup>ID</sup> E-mail: [douglas.pedrozo@unesp.br](mailto:douglas.pedrozo@unesp.br)

Fernando Figueiredo Motta\*<sup>ID</sup> E-mail: [ff.motta@unesp.br](mailto:ff.motta@unesp.br)

Jorge Muniz Junior\*<sup>ID</sup> E-mail: [Jorge.muniz@unesp.br](mailto:Jorge.muniz@unesp.br)

\*Universidade Estadual de São Paulo (UNESP-Bauru), Bauru, SP, Brasil.

**Resumo:** As organizações têm passado por várias modificações nos últimos anos, das quais pode-se citar a pandemia da Covid-19, que afetou a maioria dos setores, incluindo o industrial. Nesse sentido, várias organizações não estavam preparadas para as restrições que foram impostas, e tiveram que encerrar suas atividades. Diante disso, este estudo tem por objetivo realizar uma discussão sobre a resiliência organizacional no contexto da Indústria 4.0 e 5.0, mediante uma revisão teórica. Para tanto, foi realizada revisão sistemática mediante busca nas bases de dados: Scopus e *Web of Science*. Foram incluídos artigos científicos e artigos de revisões publicados entre os anos de 2019 a 2023, escritos no idioma inglês. Foram selecionados os 20 artigos para leitura na íntegra e discussão. Verificou-se que as novas tecnologias implantadas na I 4.0 tem cooperado com o fator resiliência organizacional, todavia essa área ainda carece de estudos para se obter melhores definições sobre sua aplicação na prática organizacional, principalmente no que se refere à resiliência juntamente com geração de valor para a organização. Nesse sentido, vale ressaltar que cada segmento industrial possui suas particularidades, o que gera a necessidade de pesquisas em diferentes setores, envolvendo todos os ambientes.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento industrial. Organização. Resiliência industrial. Superação de crises. Tomada de decisão.

**Abstract:** The Covid-19 pandemic has affected most sectors, including the industrial sector. In this sense, several organizations were not prepared for the restrictions that were imposed, and had to close their activities. Therefore, this study aims to discuss organizational resilience in the context of Industry 4.0 and 5.0, through a theoretical review. To this end, a systematic review was carried out by searching the databases: Scopus and Web of Science. Scientific articles and review articles published between 2019 and 2023, written in the English language, were included. Were selected 20 articles for full reading and discussion. It was found that the new technologies implemented in I 4.0 have cooperated with the organizational resilience factor, however this area still lacks studies to obtain better definitions about its application in organizational practice, especially with regard to resilience together with the generation of value for the organization. In this sense, it is worth highlighting that each industrial segment has its particularities, which generates the need for research in different sectors, involving all environments.

**Keywords:** Industrial development. Organization. Industrial resilience. Overcoming crises. Decision making.

## 1 INTRODUÇÃO

A quarta revolução industrial, denominada indústria 4.0 (I4.0), que surgiu da incorporação de três grandes trajetórias tecnológicas: Big data, machine learning e a Internet das coisas, veio a desenvolver alta tecnologia e passar adiante as informações de maneira a otimizar o processo de produção (Sacomano *et al.*, 2018). Por meio deste processo ocorre a digitalização da atividade organizacional fundidas do mundo virtual com o real, facilitando assim o processo, no qual é caracterizada pela integração e controle da inteligência artificial (Adamik; Nowicki, 2018). Contudo, as organizações têm enfrentado desafios com a adoção desses novos sistemas de informação e tecnologias (Dey; Al-Karaghoul; Muhammad, 2020).

A implantação da I4.0 apresenta vantagens no desenvolvimento organizacional, como uso das tecnologias para controlar a produção com ganho de eficiência, redução de custos, etc. (Sacomano *et al.*, 2018; Schwab, 2016), porém, existem também barreiras relacionadas aos aspectos sociais e de mercado (Saniuk *et al.*, 2020), riscos ambientais e na sustentabilidade (Ranghino, 2019; Bonilla *et al.*, 2020; Gajdzik *et al.*, 2020; Luthra; Mangla, 2018) que estimulam discussão em comunidades científicas, políticas e empresariais para incorporar melhor as prioridades sociais e ambientais na industrialização, bem como o papel das pessoas nos sistemas ciberfísicos.

A humanização do ambiente tecnológico construído para a Indústria 4.0 foi um dos primeiros fatores na evolução da Indústria 4.0 para a Indústria 5.0. Atualmente, além do fator humano, se observaram lacunas de pesquisa em sustentabilidade, responsabilidade e segurança no conceito de Indústria 4.0 (Longo *et al.*, 2020).

Assim, a essência da I5.0 centra-se em três determinantes do desenvolvimento: desenvolvimento centrado no ser humano, desenvolvimento sustentável e resiliente. De acordo com a Comissão Europeia (CE), a I5.0 tem um objetivo social que vai além do emprego e do crescimento, para se tornar um fornecedor resiliente de prosperidade, fazendo com que a produção respeite os

limites do nosso planeta e colocando o bem-estar do trabalhador da indústria no centro do processo de produção (CE, 2021).

A resiliência é definida pela capacidade de superar os problemas causados por diferentes e envolve a compreensão e adaptação da situação e a gestão das vulnerabilidades (Lengnick-Hall; Beck; Lengnick-Hall, 2011). A resiliência organizacional no âmbito da I5.0 está espalhada pelos níveis de fábricas individuais, cadeias de abastecimento, redes de abastecimento interligadas e ecossistemas centrados no ser humano. A resiliência na I5.0 abrange diferentes aspectos, por exemplo, desastre natural instantâneo e crises globais de longo prazo, como ocorreu com a pandemia da COVID-19. Mas acima de tudo, envolve também a resiliência do ser humano, principalmente os colaboradores, em se adaptar as novas inserções tecnológicas nas organizações.

Este artigo tem como objetivo realizar uma discussão sobre a resiliência organizacional no contexto da Indústria 4.0 e 5.0, mediante uma revisão teórica.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Indústria 4.0/5.0

O mundo passou por algumas revoluções que afetaram o desenvolvimento das indústrias, dos quais foram recebendo o nome primeira, segunda, terceira, quarta e quinta revolução industrial que seria a mais atual. A quarta revolução industrial é marcada pelo lançamento de um projeto denominado de Plataforma Indústria 4.0 em 2011 pelo governo da Alemanha. Existem várias definições para indústria 4.0, no quadro abaixo segue algumas definições propostas por alguns autores (Quadro 1).

**Quadro 1** – Definições de Indústria 4.0

| <b>Autores</b>                 | <b>Definição/objetivo</b>                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sacomano <i>et al.</i> , 2018  | Alta tecnologia de modo a fazer com que os sistemas automatizados que controlam os equipamentos industriais possam se comunicar e trocar informações entre máquinas e humanos para otimizar os processos de produção |
| Kagermann <i>et al.</i> , 2015 | Conjunto de tecnologias capazes de criar sistemas dentro das empresas e nas cadeias de abastecimento                                                                                                                 |
| Fay <i>et al.</i> ,            | Rede inteligente de máquinas e processos para a indústria baseados em Sistemas                                                                                                                                       |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2019                    | Ciberfísicos – uma tecnologia que alcança controle inteligente usando sistemas embarcados em rede.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Schwab, 2016            | Uso intensivo de tecnologias digitais com o intuito de fabricar novos produtos de forma rápida, com uma ágil resposta à demanda e otimização em tempo real da produção e da cadeia de suprimentos. Dentre estas tecnologias, destacam-se <i>cyber-physical systems</i> (cps), a <i>internet of things</i> (iot), a <i>internet of services</i> (ios), robótica avançada, impressão 3d, inteligência artificial, <i>big data</i> , computação em nuvem e nanotecnologia. |
| Dilberoglu et al., 2017 | Conjunto integrado de sistemas de produção inteligentes e tecnologias de informação avançadas baseadas em conjuntos de sistemas de softwares integrados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Glas; Kleemann, 2016    | Digitalização avançada do setor manufatureiro conhecida, também, como ' <i>Smart Factory</i> ' ou ' <i>cyberphysical Systems</i> ' (CPS). Que realiza a integração de processos físicos e computacionais.                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Ojra, 2018              | Vinculação de produtos e serviços entre si e seu respectivo ambiente através da Internet e outros serviços de rede que permitem o desenvolvimento de novos produtos de serviço, para que muitas funções do produto funcionem independentemente sem intervenção humana.                                                                                                                                                                                                  |
| Neugebauer et al., 2016 | Sistema tecnológico complexo, moldado pela conectividade, integração e digitalização da produção, enfatizando as oportunidades de integrar todos os elementos em um sistema de valor agregado.                                                                                                                                                                                                                                                                          |

**Fonte:** dos autores.

A I4.0 trouxe um novo conceito e modelo de produção, através do emprego da alta tecnologia, sendo uma realidade nas indústrias e diversas empresas no mundo. A I4.0 trouxe aumento significativo na produtividade, velocidade nos processos, automatização, qualidade, etc.

Culot et al. (2020) buscando as definições da I4.0 verificaram uma série de pontos em comum entre as definições de I4.0 e outros conceitos em termos, como:

1. Tecnologias facilitadoras essenciais: o cenário é caracterizado pelo aumento da digitalização e da conectividade devido à interface físico-digital, à rede e às tecnologias de processamento de dados. A maioria das definições concordam sobre o papel fundamental desempenhado pela Internet das Coisas e computação em nuvem;
2. Características distintivas: características comuns são consistentes com as propriedades das tecnologias mais frequentemente mencionadas em termos de virtualização, informações em tempo real compartilhamento e autonomia. Maior integração de processos também é esperada dentro e fora dos limites da empresa, em linha com soluções de interoperabilidade e segurança cibernética;

3. Resultados possíveis: as expectativas estão principalmente relacionadas com a maior produtividade e flexibilidade, até o ponto de fazer customização/personalização possível.

Roth, Westerlund e Oja (2017) afirmam que o emprego da Indústria 4.0, com uso de equipamentos inteligentes e autônomos são inevitáveis para manutenção das empresas no mercado, pois tem ocorrido a diminuição da mão-de-obra capacitada, devido ao declínio e ao envelhecimento da população, o que levará as empresas a investirem nas tecnologias da Indústria 4.0. Sendo assim, é necessário conhecer os *drivers* que levam as empresas a enxergarem as vantagens dessa mudança digital (Götz; Jankowska, 2017).

Alguns estudos têm sido realizados com o objetivo de avaliar e apontar os *drivers* da implementação da Indústria 4.0 nas empresas. Spath *et al.* (2013) relatam alguns destes *drivers*: incluir a individualização dos perfis dos clientes; a flexibilidade e adaptação de processos mais sustentáveis de produção e logística; a melhoria na tomada de decisão; a introdução de equipamentos de produção avançados; e aplicação de automação inteligente, modelos de negócios e organizacionais adaptados às novas necessidades.

De acordo com Monostori (2014) um dos maiores benefícios da I4.0 é a capacidade dos sistemas integrados, inteligentes e automatizados, organizarem e controlarem os processos produtivos com base nos dados recolhidos pelos equipamentos que estão presentes nas linhas de produção e através dos perfis dos clientes, aumentando ou diminuindo a produtividade, consoante a procura do cliente ou a sazonalidade do produto. Estes dados irão ajudar também as empresas a conhecer melhor os seus clientes moldando os produtos às necessidades dos mesmos (Stock; Seliger, 2016).

Assim, a Indústria 4.0 constrói sistemas de produção ciberfísicos para integrar a tecnologia da informação e a tecnologia operacional nas empresas e nas cadeias de abastecimento. Contudo, a I4.0 não estava focada nas questões de humanização e sustentabilidade, o que ocasionou diversas discussões sobre o tema. Diante disso, veio a necessidade de intervenções que geraram a evolução da industrialização da

I4.0 para a I5.0 (Xu *et al.*, 2021). No quadro 2 estão apresentadas algumas definições da I5.0.

**Quadro 2** – Definições de Indústria 5.0

| <b>Autores</b>                  | <b>Definição/objetivos</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lua <i>et al.</i> , 2022        | Produção centrada no ser humano, abordando as necessidades humanas definidas numa Pirâmide de Necessidades Humanas Industriais – desde as necessidades básicas de segurança e saúde até o mais alto nível de estima e autorrealização.                                                                                                            |
| Huang <i>et al.</i> , 2022      | Combina a subjetividade e a inteligência humana com a eficiência, a inteligência artificial e a precisão das máquinas na produção industrial, refletindo o valor do cuidado humanístico, concretizando assim a evolução em direção ao ecossistema simbiótico.                                                                                     |
| Xu <i>et al.</i> , 2021         | Concentrada em três áreas de desenvolvimento: centrado no ser humano, sustentável e resiliente, com objetivo social que envolve emprego e crescimento para se tornar um fornecedor resiliente de prosperidade fazendo com que a produção respeite os limites do nosso planeta e colocando o bem-estar dos trabalhadores no centro das indústrias. |
| Li <i>et al.</i> , 2021         | <i>Design</i> centrado no ser humano, onde humanos e robôs colaboram num ambiente de trabalho compartilhado.                                                                                                                                                                                                                                      |
| Maddikunta <i>et al.</i> , 2022 | Alavanca a criatividade de especialistas humanos em colaboração com máquinas eficientes, inteligentes e precisas, a fim de obter soluções de produção eficientes em termos de recursos                                                                                                                                                            |

**Fonte:** dos autores.

Diante dessa inserção da I5.0 fica enfatizado que é necessária uma simbiose entre os seres humanos e as novas tecnologias, da qual foi proposto introduzir o fator humano nos sistemas ciberfísicos. O novo design do sistema é chamado Sistema Ciber-Físico Humano (HCPS) (Xu *et al.*, 2021). Além do fator humano, alguns pesquisadores identificaram algumas outras lacunas da I4.0, como a sustentabilidade, responsabilidade, segurança, dentre outra (Iuthra; Mangla, 2018; Longo *et al.*, 2020; Saniuk *et al.*, 2020; Bonilla *et al.*, 2020; Gajdzik *et al.*, 2020).

## 2.2 Resiliência organizacional

A compreensão da resiliência ao nível da viabilidade é uma área de investigação específica e nova (Ivanov, 2023). O valor na I5.0 abrange as dimensões do lucro, das pessoas e da sociedade. Além disso, a criação de valor como pilar central da Indústria 5.0 deve estar alinhada com a resiliência, a sustentabilidade e as perspectivas centradas no ser humano (Ivanov, 2023).

A resiliência organizacional é um conceito multidisciplinar que representa a capacidade de superar os problemas causados por fatores internos ou externos. Uma resiliência organizacional implica a compreensão da situação, a adaptação à nova situação e a gestão das vulnerabilidades (Lengnick-Hall; Beck; Lengnick-Hall, 2011).

A capacidade da empresa para desenvolver resiliência é derivada de um conjunto de capacidades organizacionais específicas, rotinas, práticas e processos pelos quais uma empresa se orienta, age para avançar e cria um ambiente de diversidade e integração ajustável (Lengnick-Hall; Beck; Lengnick-Hall, 2011).

Um bom exemplo a ser citado sobre resiliência, foi o período da pandemia da COVID-19, do qual houve um total caos em diferentes setores e desafiou profissionais e acadêmicos para melhorar sua resiliência, principalmente nas indústrias e toda cadeia de abastecimento e serviços (Spieske; Birkel, 2021). Esse evento motivou estudos para se avaliar e discutir sobre como uma organização pode se manter resiliente em meio ao caos que podem surgir e conseguirem sair da crise e se manterem ativa no mercado (Aheleroff *et al.*, 2022).

### **3 MÉTODOS**

Este estudo trata-se de uma revisão sistemática da literatura. Este tipo de revisão é extremamente importante para a sistematização do conhecimento existente de um determinado tema, o valor destes trabalhos de revisão depende da investigação anteriormente realizada sobre o tema em si do que foi descoberto e também da clareza do relato desse conhecimento. Neste contexto, este trabalho foi realizado mediante a aplicação dos pressupostos de uma revisão sistemática indicados na metodologia PRISMA (Page *et al.*, 2021).

A busca de publicações científicas foi realizada em setembro de 2023. Como ponto de partida, foram definidos o conjunto de palavras-chave a considerar nas buscas eletrônicas: "industr\* 4.0" OR "manufactur\* of the future" OR "future manufactur\*" OR "advanced manufactur\* technolog\*" OR "smart\* factor\*" OR

"digitalizat\*" OR "smart\* manufactur\*" OR "industr\* 5.0" OR "digital\* transformation\*" AND "Resilienc\*"

Posteriormente, foram inspecionadas 2 bases de dados: Scopus e *Web of Science*. As palavras de busca foram utilizadas somente no idioma em inglês. Como critérios de inclusão, foram incluídos artigos científicos e revisões no idioma inglês (2019 a 2023). Foi realizada ainda, uma seleção da área de estudo: *Engineering, Business Economics, Computer Science, Science Technology Other Topics, Operations Research Management Science e Public Administration*.

Esta revisão foi estruturada em seis etapas: 1) delimitação do tema a ser abordado; 2) procedimentos de busca da amostragem; 3) seleção por pares das pesquisas para composição da amostra e extração de dados; 4) avaliação dos estudos incluídos; 5) interpretação dos resultados; e 6) apresentação do relato da revisão com um contraponto crítico dos achados.

As etapas de busca e seleção de estudos foram desenvolvidas por dois revisores independentemente, e as divergências foram resolvidas por meio da discussão para o consenso. Os artigos duplicados foram excluídos.

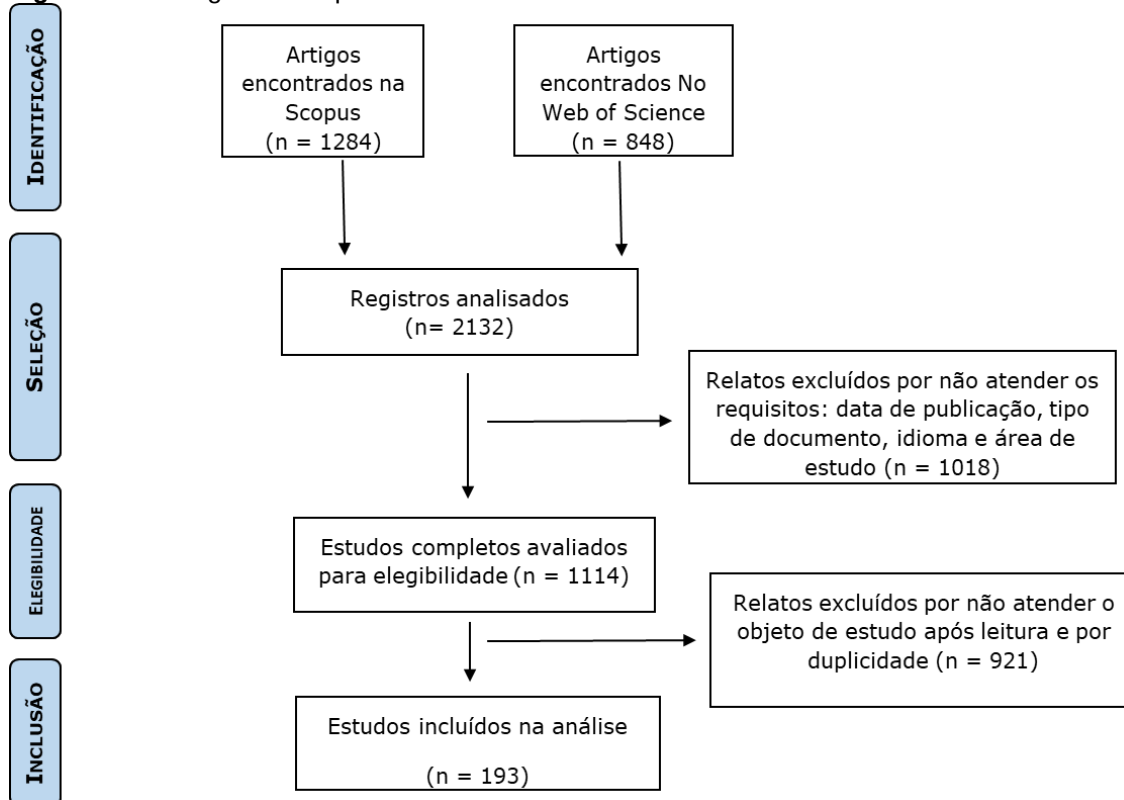
Após aplicação dos critérios para inclusão, os artigos selecionados foram lidos o seu resumo para a seleção de elegibilidade. Como o número de artigos elegíveis foi alto, foi determinado avaliar os 20 artigos mais citados, independente da base de dados extraído. Para essa seleção, os artigos elegíveis contendo o número de vezes que foram citados foram exportados para o Excel, onde foi possível ordená-los de acordo com o número de citações.

A extração dos dados dos estudos incluídos foi organizada para sua sumarização, incluindo as seguintes informações: citação, objetivo, questão da pesquisa, setor industrial, resultados encontrados e conclusão, as oportunidades (GAPs) e que falam sobre a resiliência no contexto da I4.0 e I5.0.

Visando conferir maior confiabilidade, o fluxo de seleção de estudos foi desenvolvido adaptando a estratégia do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis* (PRISMA). Esta estratégia trata das diretrizes para a elaboração de revisões sistemáticas, o uso do PRISMA auxilia de modo equânime autores, editores e revisores de pares e diferentes usuários de revisões, levando à

maior transparência e precisão, facilitando a replicação, atualização de revisões e a tomada de decisão baseada em evidências (Page *et al.*, 2021) (Figura 1).

**Figura 1** – Fluxograma adaptado da diretriz PRISMA



**Fonte:** dos autores, realizado de acordo com as diretrizes PRISMA (Page *et al.*, 2021).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisados os 20 artigos mais citados, independente da base de dados que foi obtido. Tao *et al.* (2019) foi o artigo mais citado (544 vezes). Este artigo de revisão tem como foco descrever sobre os sistemas ciberfísicos (CPS) e os gémeos digitais (DT) em diferentes perspectivas. Por outro lado, Grabowska, Saniuk e Gajdzik (2022) foi o artigo menos citado dentre os selecionados (Tabela 1).

Dos 20 artigos selecionados, 17 são artigos de revisão, sendo 14 somente revisão e 3 estão junto com outra metodologia, um de modelagem e 2 estudos de caso. Os 3 artigos restantes têm como método modelagem e 2 estudos exploratórios. Pelas metodologias utilizadas nos artigos, percebe-se que são poucos

os estudos de campo, provavelmente por se tratar de um tema bem atual. Porém, ressalta-se a importância deste tipo de estudo para esclarecimento de lacunas existentes. Outro fator que pode ter contribuído para o número de revisões selecionadas e pelo fato de se avaliar os artigos mais citados, este tipo de artigo geralmente explora a fundo um determinado tema e são mais citados em outros artigos.

Em relação ao setor industrial a que se refere os artigos, sete deles abordam sobre a cadeia de abastecimento, e aparecem outros setores como a construção naval, engenharia industrial, educação e automobilístico. Os demais artigos falam da indústria em geral.

Quatorze artigos estão relacionados com a Indústria 4.0 e seis artigos relacionados à Indústria 5.0 (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 1 – Características gerais dos artigos selecionados**

| <b>Autores</b>                                              | <b>Ano</b> | <b>Objetivo</b>                                                                                                                            | <b>Citações</b> | <b>Indústria</b> | <b>Método</b>                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tao, Qi, Wang, Nee                                          | 2019       | Analisar os sistemas ciberfísicos (CPS) e os gêmeos digitais (DT) sob múltiplas perspectivas.                                              | 544             | I4.0             | Revisão sistemática                                                                                                     |
| Belhadi, Kamble, Jabbour, Gunasekaran, Ndubisi, Venkatesh   | 2020       | Investigar a resiliência da cadeia de abastecimento (SCRes) em operações de produção e serviços durante situações emergentes.              | 353             | I4.0             | Fundamentação teórica e revisão de literatura e inquérito empírico                                                      |
| Huang, Kong, Chen, Wu, Liu, Zeng                            | 2019       | Identificar os desafios na integração da tecnologia <i>blockchain</i> na IIoT e propor soluções para enfrentar esses desafios              | 345             | I4.0             | Revisão e Análise sistemática                                                                                           |
| Spieske e Birkel                                            | 2021       | Analisar os abrangente da ligação entre a indústria 4.0 e a resiliência da cadeia de abastecimento                                         | 132             | I4.0             | Revisão holística da literatura                                                                                         |
| Ralston, Blackhurst                                         | 2020       | Desenvolver uma melhor compreensão dos sistemas inteligentes e processos autônomos da era da Indústria 4.0.                                | 114             | I4.0             | estudo exploratório entrevistas semiestruturadas                                                                        |
| Mubarik, Naghavi, Mubarik, Kusi-Sarpong, Khan, Zaman, Kazmi | 2021       | Testar o impacto do mapeamento da cadeia de abastecimento na visibilidade e resiliência da cadeia de abastecimento de uma empresa, na I4.0 | 107             | I4.0             | Dados de 154 empresas do setor elétrico e eletrônico. Questionário fechado. Empregou modelagem de equações estruturais. |
| Lua, Zhenga, Chanda,                                        | 2022       | Apresentar os conceito, as necessidades, o modelo de referência,                                                                           | 102             | I.5.0            | Revisão Sistemática                                                                                                     |

|                                                                           |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |      |                                    |
|---------------------------------------------------------------------------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|------------------------------------|
| WanqingXiaa,<br>Liua, Xua,<br>Wangb, Qina,<br>Baoc                        |      | as tecnologias facilitadoras e as estruturas de sistemas de produção centrada no ser humano, na I5.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |      |                                    |
| Kusiak                                                                    | 2019 | Descreve as principais características da fabricação inteligente, orientada por dados, em rede, conectada, com compartilhamento de recursos, resiliente e sustentável                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 93 | I4.0 | Revisão Sistemática                |
| Gupta,<br>Tanwar,<br>Kumar,<br>Sudhanshu<br>Tyagi                         | 2020 | Analisar e discutir a classificação das ameaças relativas aos veículos autônomos (AVs) usando a autenticação, a responsabilidade e a disponibilidade do serviço. Destaca as contramedidas para ataques cibernéticos a veículos autônomos, juntamente com seus problemas de implementação, e explora como a <i>blockchain</i> pode superar esses problemas.                                                                                                                               | 88 | I5.0 | Revisão Sistemática                |
| O'Donovan,<br>Gallagher,<br>Leahy,<br>O'Sullivan                          | 2019 | Compara o desempenho de latência e confiabilidade de interfaces ciberfísicas implementadas usando a computação em nuvem tradicional (centralizada) e paradigmas emergentes de computação em névoa (descentralizada), para fornecer aplicações de engenharia de aprendizado de máquina incorporadas em tempo real para a Indústria 4.0.                                                                                                                                                   | 85 | I4.0 | Revisão Sistemática e Meta-análise |
| Ramirez-Pena,<br>Sanchez<br>Sotano,<br>Perez-Fernandez,<br>Abad, Batista  | 2019 | Melhorar o desempenho e a sustentabilidade do setor de construção naval por meio da cadeia de suprimentos, estabelecendo um modelo que define como a cadeia de suprimentos deve ser sob a perspectiva da Indústria 4.0. Também conectar cada uma das principais tecnologias I4.0 habilitadoras com os paradigmas mais significativos da cadeia de suprimentos: <i>Lean</i> , <i>Agile</i> , Resiliência e Verde para definir o que deve ser a cadeia de suprimentos da construção naval. | 84 | I4.0 | Revisão Sistemática                |
| Leng, Sha,<br>Wang, Zheng,<br>Zhuang, Liu,<br>Wuest,<br>Mourtzis,<br>Wang | 2022 | Analisar a veia evolutiva da Indústria 5.0 e três características principais: centralização no ser humano, sustentabilidade e resiliência. Discutir o sistema de conotação da Indústria 5.0 e analisa sua essência diversificada. Construir uma arquitetura de sistema tridimensional para implementação da Indústria 5.0, a saber, as dimensões técnica, da realidade e a da aplicação; e discutir                                                                                      | 79 | I5.0 | Revisão Sistemática                |

|                                              |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                            |    |      |                                                                                                                                |
|----------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                              |      | os principais facilitadores, o caminho de implementação futura, aplicações potenciais e desafios da Indústria 5.0.                                                                                                                                                                         |    |      |                                                                                                                                |
| Ivanov, Dolgui, Sokolov                      | 2022 | Conceituar a cadeia de suprimentos em nuvem como uma área de pesquisa nova e distinta da I4.0                                                                                                                                                                                              | 77 | I4.0 | Revisão Sistemática e estudo de caso                                                                                           |
| Bécue, Maia, Feeken, Borchers, Praça         | 2020 | Abordar as limitações dos fatores humanos e as interdependências entre os diferentes ativos de produção e propor inovações para modelagem cognitiva e co-simulação que podem desencadear novos usos de Gêmeos Digitais nas Fábricas do Futuro.                                             | 71 | I4.0 | Revisão de literatura com aplicação em um modelo de simulação. Uso de digital twins.                                           |
| Broo, Kaynak, Sait                           | 2022 | Apresentar novas estratégias de ensino para formação de engenheiros diante da I5.0                                                                                                                                                                                                         | 70 | I5.0 | Revisão de literatura                                                                                                          |
| Ivanov                                       | 2023 | Conceituar a Indústria 5.0 sob a perspectiva da viabilidade para as futuras operações e cadeias de abastecimento?                                                                                                                                                                          | 60 | I5.0 | Revisão de literatura                                                                                                          |
| Guo, Li, Lyu, Kang, Wu, Zhong, Huang         | 2021 | Desenvolver uma plataforma de fabricação inteligente habilitada para Internet física hiperconectada (HPISMP), auxiliada por gêmeos digitais e <i>blockchain</i> de consórcio, como uma solução técnica para apoiar a transformação da operação sincronizada de fabricação no Indústria 4.0 | 48 | I4.0 | Estudo de caso com revisão de literatura.                                                                                      |
| Chonsawat e Sopadang                         | 2020 | Definir os indicadores para avaliar a preparação da transformação das PME para a Indústria 4.0.                                                                                                                                                                                            | 43 | I4.0 | Revisão bibliométrica                                                                                                          |
| Marcucci, Antomarioni, Ciarapica, Bevilacqua | 2022 | Propor um modelo conceitual para investigar as influências entre as tecnologias-chave da Indústria 4.0 (tecnologias relacionadas a TI e relacionadas a operações), resiliência organizacional (em termos internos e externos) e desempenhos em empresas italianas.                         | 43 | I4.0 | Utilizando modelagem de equações estruturais, um construto de segunda ordem foi utilizado para testar as relações hipotéticas. |
| Grabowska, Saniuk, Gajdzik                   | 2022 | Identificar áreas relacionadas à humanização e sustentabilidade do conceito de Indústria 4.0.                                                                                                                                                                                              | 42 | I5.0 | Revisão bibliométrica                                                                                                          |

**Fonte:** dos autores.

**Tabela 2 – Principais achados e o que relatam os artigos sobre resiliência**

| Autores    | Encontrados/Resultados/ Conclusão                                                                                                          | Oportunidades (GAPs)                                   | O que fala sobre resiliência                                                                             |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tao et al. | Os CPS e os DT são os meios preferidos para alcançar a interação ciberfísica na produção e integração ciberfísica na produção inteligente. | Sistemas ciberfísicos (CPS) e os gêmeos digitais (DT). | A implementação funcional tanto dos CPS como dos DT visa dotar os processos físicos de maior eficiência, |

|                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                |  | resiliência e inteligência.                                                                                                                                         |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Belhadi <i>et al.</i> | Para a indústria de automóvel as melhores estratégias eram desenvolver fontes de abastecimento localizadas e utilizar tecnologias avançadas da indústria 4.0. Para a indústria aérea, necessidade de preparar-se para os desafios de continuidade de negócios, definindo as suas operações tanto nos aeroportos como nos voos. Ambos os setores consideraram que a <i>Big Data Analytics</i> (BDA) desempenha um papel importante. | - Tecnologias avançadas da I4.0.<br>- Uso de <i>Big Data Analytics</i><br>- Uso de fonte de abastecimento localizada.                                          |  | Para se tornarem mais resilientes é necessário a implementação de tecnologias que auxiliem nas tomadas de decisão.                                                  |
| Huang <i>et al.</i>   | O sistema IIoT (Internet Industrial das Coisas) distribuído, fornece uma solução prática baseada em <i>blockchain</i> estruturada em DAG.                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Sistemas IIoT distribuídos baseada em <i>blockchain</i> estruturada em DAG é capaz de se adaptar a vários cenários de IIoT.                                    |  | Sistemas IIoT distribuídos, baseado em <i>blockchain</i> estruturada em DAG auxilia na resiliência organizacional por se adaptar à diferentes cenários.             |
| Spieske e Birkel      | A análise de dados melhora a resiliência da cadeia de abastecimento. Outras tecnologias facilitadoras da indústria 4.0, como a manufatura aditiva e os sistemas ciberfísicos, ainda carecem de provas de eficácia. A melhor tecnologia facilitadora a ser utilizada é análise de big data (BDA).                                                                                                                                   | As tecnologias facilitadoras colaboram para resiliência na I4.0                                                                                                |  | A visibilidade e a velocidade são os antecedentes da resiliência que mais beneficiam da implementação da indústria 4.0.                                             |
| Ralston e Blackhurst  | Os sistemas inteligentes têm potencial para impactar positivamente o desempenho da empresa e para alavancar os processos da Indústria 4.0 para uma vantagem competitiva na cadeia de abastecimento. As empresas não alegaram qualquer perda de capacidade humana associada à Indústria 4.0.                                                                                                                                        | Tecnologias 4.0 aumentam a resiliência.                                                                                                                        |  | Sistemas inteligentes a podem levar a uma maior resiliência da cadeia de abastecimento devido ao reforço de capacidades e ao desenvolvimento de novas competências. |
| Mubarik <i>et al.</i> | Foi encontrado um efeito importante e significativo do mapeamento da cadeia de abastecimento na visibilidade e na resiliência da cadeia de abastecimento.                                                                                                                                                                                                                                                                          | Sugere que as empresas adotem uma estratégia de mapeamento da cadeia de abastecimento para melhorar a visibilidade e a resiliência da cadeia de abastecimento. |  | Mapeamento da cadeia de abastecimento é um das fontes significativas de resiliência da cadeia de abastecimento.                                                     |
| Lu <i>et al.</i>      | Os sistemas de produção centrados no ser humano precisam de ter empatia bidirecional, comunicação                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | O desenvolvimento de tecnologias transparentes,                                                                                                                |  | A inteligência colaborativa homem-máquina pode contribuir na resiliência                                                                                            |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | proativa e inteligência colaborativa para estabelecer relações confiáveis de coevolução homem-máquina.                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | confiáveis e organizacional. quantificáveis que inclua o fator homem-máquina                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Kusiak              | Foram consideradas seis características da manufatura inteligente. Dois deles, resiliência e sustentabilidade, continuaram em foco. São necessárias evidências para convencer a indústria de que a resiliência e a sustentabilidade são dignas de consideração nos negócios.                                                                                                                                         | A resiliência fornece às empresas defesas contra adversidades naturais e humanas.                                                                                                                                          | Foram apresentados seis atributos de resiliência: Energia; Materiais; Ativos e Processos; Transporte; Cadeia de mantimentos; e Comunicações; e apresentados atributos que podem impactar a resiliência da produção: Logística, Eficiência, Produtividade, Capacidade, Confiabilidade, Qualidade, Valores Sociais, Trabalhadores, Sustentabilidade, . |
| Gupta et al.        | Detectou-se que os veículos autônomos são uma tecnologia altamente adaptável por muitos automóveis e outros setores em todo o mundo. Apesar desses benefícios, eles ainda são altamente suscetíveis a ataques à privacidade e à segurança.                                                                                                                                                                           | <i>Blockhain</i> ainda apresenta problemas de segurança, privacidade, desafios e lacunas futuras na comunicação AV.                                                                                                        | Resiliência dos ataques de segurança aos AVs e suas contramedidas tradicionais e de última geração.                                                                                                                                                                                                                                                  |
| O'Donovan et al.    | Apresenta um sistema ciberfísico industrial baseado em computação em neblina, que aproxima os serviços de nuvem e de análise das operações industriais do mundo; ao mesmo tempo que apoia a distribuição e execução de modelos de aprendizado de máquina prontos para produção e satisfaz os princípios proeminentes da engenharia, do design da Indústria 4.0 e as preocupações relativas a tecnologias emergentes. | As instalações em transição para a fabricação inteligente podem encontrar desafios, como: tecnologias e infraestruturas em tempo real, aquisição de pessoal multidisciplinar para sistemas de engenharia da Indústria 4.0. | Alguns pontos observados na instalação da fabricação inteligente podem auxiliar a resiliência organizacional.                                                                                                                                                                                                                                        |
| Ramirez-Pena et al. | A Cadeia de Suprimentos da Construção Naval deve ser Verde e Enxuta. Por meio da implementação das seguintes tecnologias: Robôs autônomos, Manufatura aditiva, computação em nuvem, robôs autônomos, cibersegurança, Integração Horizontal e Vertical, Big Data, <i>Blockchain</i> , Simulação, Internet das Coisas e Inteligência Artificial.                                                                       | A Cadeia de Suprimentos da Construção Naval deve ser resiliente e ágil                                                                                                                                                     | A estratégia de "resiliência" é muito cara e complicada para ser implementada e chegam a recomendar a produção enxuta e/ou o <i>Six Sigma</i> como alternativa.                                                                                                                                                                                      |
| Leng et al.         | A Indústria 5.0 proporcionará mais investigação e desenvolvimento sobre tecnologias e técnicas existentes, que foram desenvolvidas                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ainda existe a necessidade de sistema para pesquisas voltadas para a Indústria                                                                                                                                             | Centra-se na "resiliência do seres humanos-máquinas, preocupando-se com a                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                         | no âmbito da Indústria 4.0. Porém, 5.0. em vez de focar nos sistemas, os engenheiros são chamados a incorporar o aspecto humano.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | saúde e segurança ocupacional biológica, física, cognitiva e psicológica de cada funcionário do chão de fábrica, bem como com a sua produtividade.                                                                                                                                                                                                 |
| Ivanov, Dolgui, Sokolov | As principais características da cadeia de fornecimento de nuvem estão relacionadas com (i) dinâmica multiestrutural; (ii) plataformas, cadeia de abastecimento digital e visibilidade, (iii) composição dinâmica de serviços, papéis de comprador/fornecedor em mudança dinâmica, resiliência e viabilidade, e (iv) redes de abastecimento interligadas e economia circular.                                                                                      | O paradigma da cadeia de abastecimento em nuvem oferece caminhos potencialmente impactantes em diferentes níveis de tomada de decisão.                                                                                                                                                                                                             |
|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | A cadeia de suprimentos de como serviço permite a implementação de três princípios de resiliência e viabilidade: variedade estrutural, reconfigurabilidade de processos e máquinas multifuncionais. Os ecossistemas colaborativos digitais orientados pela cadeia de abastecimento podem contribuir para a construção de uma "resiliência enxuta". |
| Bécue <i>et al.</i>     | Com base em Gêmeos Digitais e Cyber-Ranges de última geração, identificou-se as limitações da tecnologia, que se relacionam essencialmente com a falta de técnicas adaptadas de modelagem do comportamento humano e a necessidade de co-simulação para aplicações industriais para otimização de processos de fabricação e resiliência em Fábricas do futuro.                                                                                                      | Demonstrou-se o valor acrescentado da modelação do comportamento humano e das capacidades de co-simulação para uma maior otimização e resiliência da infraestrutura de produção inteligente.                                                                                                                                                       |
| Broo, Kaynak, Sait      | Identificou quatro estratégias que podem ajudar as instituições de ensino superior a redesenhar seus programas. Essas estratégias são: <ul style="list-style-type: none"> <li>• aprendizagem ao longo da vida e educação transdisciplinar</li> <li>• módulos de sustentabilidade, resiliência e design centrado no ser humano</li> <li>• cursos práticos de fluência e gerenciamento de dados</li> <li>• interação homem-agente/máquina/robô/computador</li> </ul> | Necessidade de rever o currículo educacional utilizado nas instituições com o curso de formação de engenheiros, para atender às exigências do I5.0                                                                                                                                                                                                 |
|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Na formação de futuros engenheiros deve abordar os efeitos inesperados e as implicações das tecnologias 4.0 para a sustentabilidade e a resiliência, para que os alunos projetem e desenvolvam sistemas ciberfísicos centrados no ser humano.                                                                                                      |
| Ivanov                  | Os principais princípios tecnológicos da Indústria 5.0 são: colaboração, coordenação, comunicação, automação, processamento analítico de dados e identificação. Indústria 5.0 abrange quatro áreas: organização, gestão, tecnologia e                                                                                                                                                                                                                              | Apresentou o valor na Indústria 5.0, que abrange as dimensões do lucro, das pessoas e da sociedade.                                                                                                                                                                                                                                                |
|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Para garantir o desenvolvimento da resiliência de forma sustentável, os custos e investimentos em resiliência precisam ser considerados em direção à resiliência                                                                                                                                                                                   |

|                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            | avaliação de desempenho. Indústria 5.0 abrange três níveis: sociedade, rede e fábrica. Indústria 5.0 enquadra um novo resultado triplo: criação de valor resiliente, bem-estar humano e sociedade sustentável.                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                               | enxuta, tendo em vista que construir resiliência é dispendioso. Assim, a resiliência pode agregar valor.                                                                                                                                                                                                                  |
| Guo <i>et al.</i>          | O experimento mostra que o GiMS (Sistema de Fabricação Inteligente de Graduação) pode reduzir as operações de configuração e ajudar o fabricante a obter eficiência de custos e maior sincrooperabilidade. Durante os períodos de pico, o GiMS pode reduzir custo de configuração sem sacrificar o desempenho da pontualidade.                                                                | é proposto sincronia com tecnologias facilitadoras e metodologias associadas para a transformação e implementação da produção da Indústria 4.0.                                               | Um conceito de sincronização com sincronização ciberfísica, e sincronização de decisão baseada em dados e sincronização espaço-temporal é proposta para o gerenciamento de produção da e operações da Indústria 4.0 assistido por gêmeo digital e consórcio <i>blockchain</i> . Essa sincronização melhora a resiliência. |
| Chonsawat e Sopadang       | Os aspectos da Indústria 4.0 com pontuação mais relevante são Gestão da cadeia de suprimentos, Infraestrutura, Economia circular, Modelo de negócios e Gestão de dados. Os indicadores que apoiam a indicação da prontidão e a tomada de decisões das PME 4.0 são: Resiliência Organizacional, Sistema de Infraestrutura, Sistema de Manufatura, Transformação de Dados e Tecnologia Digital. | Aspectos que influenciam a prontidão do SME 4.0, que podem agrupar o aspecto em dimensões por meio de análise de concorrência de palavras-chave e visualização de agrupamento de semelhanças. | Assim, o Modelo de Negócio, a Estratégia de Negócio, a Transformação Digital, a Liderança, a Estrutura Organizacional e a Gestão da Cadeia de Abastecimento podem apoiar os indicadores de prontidão 4.0 das PME nas dimensões da Resiliência Organizacional e criar valor.                                               |
| Marcucci et al.            | As principais tecnologias relacionadas com TI têm um impacto positivo na resiliência organizacional e no desempenho percebido.                                                                                                                                                                                                                                                                | Implementação das principais tecnologias tem um impacto positivo na resiliência                                                                                                               | A implementação das principais tecnologias tem um impacto positivo na resiliência. O risco de gestão é um fator interno importante para a resiliência. Inclui planos de risco e técnicas de prevenção.                                                                                                                    |
| Grabowska, Saniuk, Gajdzik | Verificou-se aumento do número de publicações no segmento da Indústria 4.0 e Indústria 5.0. O artigo aponta as fragilidades do conceito de Indústria 4.0, especialmente na área do papel do homem nas fábricas inteligentes e no desenvolvimento sustentável. Por isso, foi identificado o enquadramento do conceito de Indústria 5.0.                                                        | Identificou um importante fluxo de desenvolvimento de competências dos colaboradores.                                                                                                         | Acredita-se que limitar a resiliência na tecnologia não é suficiente. A resiliência deve abranger toda a cadeia de valor, processos de negócio e até mesmo modelos de negócio.                                                                                                                                            |

**Fonte:** dos autores.

Foram citam várias ferramentas que contribuem para a utilização das tecnologias 4.0 e na resiliência organizacional, como o sistema ciberfísico industrial (O'Donovan *et al.*, 2019; Ramirez-Pena *et al.*, 2019; Tao *et al.*, 2019; Broo; Kaynak; Sait, 2022; Guo *et al.*, 2021; Marcucci *et al.*, 2022). Além do sistema ciberfísico, outros métodos são relatados para serem utilizados na tecnologia 4.0, como: manufatura aditiva (Spieske; Birkel, 2021; Ramirez-Pena *et al.*, 2019; Chonsawat; Sopadang, 2020), Integração Horizontal e Vertical, Simulação (Ramirez-Pena *et al.*, 2019), *Big Data* (Guo *et al.*, 2021; Spieske; Birkel, 2021; Belhadi *et al.*, 2020; Ramirez-Pena *et al.*, 2019), *Blockchain* (Guo *et al.*, 2021; Huang *et al.*, 2019; Gupta *et al.*, 2020; Ramirez-Pena *et al.*, 2019), Internet das Coisas e Inteligência Artificial (Huang *et al.*, 2019; Ramirez-Pena *et al.*, 2019), gêmeos digitais (Guo *et al.*, 2021; Bécue *et al.*, 2020), Robôs autônomos, computação em nuvem, cibersegurança (Ramirez-Pena *et al.*, 2019).

Tao *et al.* (2019) acreditam que os Sistemas ciberfísicos (CPS) e os gêmeos digitais (DT) são os meios preferidos para alcançar a interação e integração ciberfísica na produção inteligente. Os CPS são parecidos a uma categoria científica, enquanto as DT são semelhantes a uma categoria de engenharia. CPS são definidos como a integração de processos computacionais e físicos, e o DT é o conceito de usar uma cópia digital de um sistema físico para realizar otimização em tempo real. Na fabricação, o CPS e o DT incluem a parte física e a parte cibernética/digital. Segundo Tao *et al.* (2019), a implementação funcional tanto dos CPS como dos DT visa dotar os processos físicos de maior eficiência, resiliência e inteligência. Por outro lado, Spieske e Birkel (2021) afirmam que os sistemas ciberfísicos, ainda carecem de provas quanto a sua eficácia.

Ralston e Blackhurst (2020) citam como exemplo específico do SCRES, um sistema automatizado para detectar e transportar amostras de teste da linha de montagem para um laboratório mitiga potenciais riscos de qualidade de forma mais confiável e eficiente do que os trabalhadores humanos jamais poderiam fazer.

Assim, as diferentes ferramentas tecnológicas usadas na implantação da Indústria 4.0, além de melhorarem a eficiência produtiva das indústrias, elas também cooperam para uma maior resiliência em momentos de crises, tendo em vista que na

maioria dessas ferramentas, existem a atuação da inteligência artificial, que pode auxiliar na melhor organização industrial de maneira que diante de fatores que afetam a indústria, essa possa conseguir se adaptar a diferentes cenários, como é o caso da utilização do BDA (Spieske; Birkel, 2021) e do sistema IIoT (Internet Industrial das Coisas) distribuído, que fornece uma solução prática baseada em *blockchain* estruturada em DAG (Huang *et al.*, 2019).

Spieske e Birkel (2021) demonstraram que a visibilidade e a velocidade são os antecedentes da resiliência que mais beneficiam da implementação da indústria 4.0. A indústria 4.0 apoia holisticamente medidas de resiliência pré-ruptura, permitindo uma gestão proativa de riscos mais eficaz. Estes autores citam as diferentes fases da resiliência: prontidão, resposta, recuperação e crescimento. Dessa maneira, é bem certo que as tecnologias auxiliam na resiliência industrial.

Contudo, é necessário que as indústrias tenham essa visão de resiliência, pois situações inesperadas podem ocorrer, e se a organização não estiver preparada para enfrenta-la, isso pode significar o seu fim. Nesse sentido, Belhadi *et al.* (2020) abordou sobre a dificuldade que a indústria de automóvel e aérea enfrentaram durante a pandemia da Covid-19, da qual houve várias restrições que afetou diretamente estes setores. Assim, estes autores acreditam que as estratégias para se tornarem mais resilientes diante de catástrofes é a indústria de automóvel ter fontes de abastecimento localizadas e para indústria aeronáutica utilizar tecnologias avançadas da indústria 4.0. Para ambos os setores, o *Big Data Analytics* (BDA) desempenha um papel significativo, fornecendo informações em tempo real sobre várias atividades da cadeia de abastecimento para superar os desafios e para haja uma recuperação mais rápida e robusta da organização (Belhadi *et al.*, 2020).

A pandemia da Covid-19, foi apenas uma demonstração de que situações inesperadas podem surgir e diferentes setores podem ser afetados, incluindo toda uma cadeia de suprimentos. Dessa forma, uma empresa com cadeia de suprimentos mapeada de ponta a ponta não só tem melhor capacidade de responder aos eventos imprevisíveis, mas também pode se recuperar rapidamente de tais eventos. Uma cadeia de suprimentos mapeada com precisão ajuda a empresa a visualizar os fornecedores da empresa, suas origens geográficas, tecnologias, sua contribuição

para a base de fornecimento da empresa, os fluxos de diversos materiais, finanças e informações (Mubarik *et al.*, 2021).

Diante dessa informação, Kusiak (2019) afirma que a resiliência fornece às empresas defesas contra adversidades naturais e humanas. O autor apresentou seis atributos de resiliência: Energia; Materiais; Ativos e Processos; Transporte; Cadeia de mantimentos; e Comunicações. Somado a isso, os autores apresentam também atributos adicionais que podem impactar a resiliência da produção: Logística, Eficiência, Produtividade, Capacidade, Confiabilidade, Qualidade, Valores Sociais, Trabalhadores, Sustentabilidade.

No contexto de situações como foi a da Covid-19, vale ressaltar que não somente a resiliência da cadeia de suprimentos e de produção devem ser levadas em consideração, mas Leng *et al.* (2022) apontam que é necessária uma visão da “resiliência do sistema”, que abrange todos os seres envolvidos no ambiente humanos-máquinas. Dessa maneira, deve-se preocupar também com a saúde e segurança ocupacional biológica, física, cognitiva e psicológica de cada funcionário do chão de fábrica, bem como com a sua produtividade. Funcionários doentes físico e emocionalmente ficam incapacitados de realizarem suas atividades de maneira adequada.

Todavia, a questão de resiliência deve ser pensada e trabalhada nas indústrias como uma possível aplicação, pois Ramirez-Pena *et al.* (2019), Chonsawat e Sopadang (2020) e Ivanov (2023) ressaltam que a estratégia de “resiliência” é muito cara e complicada para ser implementada, uma vez que muitos destes despedimentos ficarão apenas à espera de utilização num caso de emergência, sem criar qualquer valor em tempos de normalidade. Ramirez-Pena *et al.* (2019) chegam a recomendar a produção enxuta e/ou o Six Sigma como alternativa. Computação em neblina, que aproxima os serviços de nuvem e de análise das operações industriais do mundo real (por exemplo, controle de processos); ao mesmo tempo que apoia a distribuição e execução de modelos de aprendizado de máquina prontos para produção e satisfaz os princípios proeminentes da engenharia, do design da Indústria 4.0 e as preocupações das partes interessadas relativas a tecnologias emergentes. Chonsawat e Sopadang

(2020), Ivanov, Dolgui e Sokolov (2022) e Ivanov (2023) também abordam sobre a “resiliência enxuta”, ou seja, ativos de resiliência eficientes que são utilizados não apenas em casos de emergência, mas também podem estar envolvidos nas operações comerciais diárias para a criação de valor.

Nesse sentido, Marcucci *et al.* (2022) afirmam que é necessário investimento em pesquisas que busquem resultados das implementações das tecnologias 4.0 juntamente com o fator resiliência, pois os resultados podem ajudar os gestores e decisores das empresas a implantarem resiliência organizacional mais efetivas e menos onerosas. Marcucci *et al.* (2022) também ressaltam que o risco de gestão é um fator interno importante para a resiliência e deve incluir planos de risco e técnicas de prevenção.

Por outro lado, Grabowska, Saniuk e Gajdzik (2022) acreditam que limitar a resiliência na tecnologia não é suficiente. De acordo com os autores, a resiliência deve abranger toda a cadeia de valor, processos de negócio e até mesmo modelos de negócio. Por isso, em 2019, iniciou-se uma discussão sobre o conceito de Indústria 5.0. Este conceito envolve devolver o fator humano à indústria, ou seja, aumentar a cooperação entre pessoas e sistemas de produção inteligentes e combinar o melhor de dois mundos – a velocidade e a precisão garantidas pela automação com as habilidades cognitivas e o pensamento crítico dos humanos.

Na figura 2 está apresentado um fluxograma resumido dos desafios e das oportunidades da resiliência organizacional de acordo com o que foi abordado pelos autores dos artigos selecionados.

**Figura 2** – Fluxograma resumido dos desafios e oportunidades da resiliência organizacional

## Desafios e Oportunidades (GAPs)

### Fatores Habilitadores

- Tecnologias Avançadas: Sistemas Ciberfísicos (CPS) & Gêmeos Digitais (DT); Uso de Big Data Analytics; Sistemas IIoT Distribuídos baseados em Blockchain (DAG)
- Cadeia de Suprimentos Resiliente: Mapeamento da Cadeia de Abastecimento; Melhora da Visibilidade & Resiliência; Paradigma da Cadeia de Abastecimento em Nuvem
- Fator Humano & Colaboração: Modelagem do Comportamento Humano & Co-simulação; Desenvolvimento de Competências dos Colaboradores; Tecnologias Transparentes, Confiáveis & Quantificáveis (Inclui Fator Homem-Máquina); Sincronia com Tecnologias Facilitadoras & Metodologias

### Desafios Atuais

- Blockchain: Problemas de Segurança & Privacidade; Transição para Manufatura Inteligente: Tecnologias, Infraestruturas & Pessoal Multidisciplinar; Aspectos que Influenciam a Prontidão do SME 4.0

### Oportunidades Futuras (Indústria 5.0)

- Necessidade de Pesquisas Voltadas para a Indústria 5.0
- Revisão do Currículo Educacional para I5.0
- Valor na Indústria 5.0: Lucro, Pessoas & Sociedade

**Fonte:** dos autores.

Percebe-se que ainda existe um caminho extenso a ser percorrido no que se refere a resiliência organizacional, que aponta que o início dessa inserção deve ser realizado dentro dos cursos de formações profissionais, preparando os futuros cooperadores organizacionais para atuarem em ambientes que estarão em constantes mudanças e exigem resiliência.

## 4 CONCLUSÕES

Diante desse estudo, verificou-se que as tecnologias que estão sendo implementadas com a Indústria 4.0 podem ser utilizadas na resiliência em casos de

situações extremas, porém, ainda é necessário juntar as questões de investimento em resiliência com a geração de valor para a indústria, de maneira que elas se sintam motivadas a investir em resiliência, tendo em vista que esta é uma das propostas da Indústria 5.0.

Conclui diante dos estudos que foram analisados, que o fator resiliência industrial é um tópico de pesquisa que necessita ainda de estudos para se obter melhores definições sobre sua aplicação na prática organizacional. Nesse sentido, vale ressaltar que cada segmento industrial possui suas particularidades, o que gera a necessidade de pesquisas em diferentes setores, envolvendo todos os ambientes.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq # 300962/2025-8) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP #2023/11708-6).

## REFERÊNCIAS

ADAMIK, A.; NOWICKI, M. Co-creating value in the era of Industry 4.0. **International Entrepreneurship and Management Journal**, v. 19, p. 23-39, 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/330452523>. Acesso em: 3 set. 2023.

AHELEROFF, S. *et al.* Toward sustainability and resilience with Industry 4.0 and Industry 5.0. **Frontiers in Manufacturing Technology**, v. 2, 951643, 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/manufacturing-technology/articles/10.3389/fmtec.2022.951643/full>. Acesso em: 3 set. 2023.

BÉCUE, A. *et al.* A new concept of digital twin supporting optimization and resilience of factories of the future. **Applied Sciences**, v. 10, n. 13, 4482, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/13/4482>. Acesso em: 17 set. 2023.

BELHADI, A. *et al.* Manufacturing and service supply chain resilience to the COVID-19 outbreak: Lessons learned from the automobile and airline industries. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 163, 120447, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162520312737>. Acesso em: 17 set. 2023.

BONILLA, S. H. *et al.* Industry 4.0 and sustainability implications: A scenario-based analysis of the impacts and challenges. **Sustainability**, v. 10, 3740, 2020. Disponível

em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/10/3740>. Acesso em: Acesso em: 17 set. 2023.

BROO, D. G.; KAYNAK, O.; SAIT, S. M. Rethinking engineering education at the age of industry 5.0. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 25, p. 100311, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452414X21001059>. Acesso em: 04 set. 2023.

CHONSAWAT, N.; SOPADANG, A. Defining SMEs' 4.0 readiness indicators. **Applied sciences**, v. 10, n. 24, p. 89-98, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/24/8998>. Acesso em: 12 set. 2023.

COMISSÃO EUROPEIA. **Indústria 5.0 Rumo a uma indústria europeia sustentável, centrada no ser humano e resiliente**. Bruxelas: Comissão Europeia. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/aed3280d-70fe-11eb-9ac9-01aa75ed71a1/idioma-pt/formato-PDF/pesquisa-fonte>. Acesso em: 30 set. 2023.

CULOT, G. *et al.* Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions. *International Journal of Production Economics*, 226, 107617, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527320300050>. Acesso em: 22 out. 2023.

DEY, B. L.; AL-KARAGHOULI, W.; MUHAMMAD, S. S. Adoption, adaptation, use and impact of information systems during pandemic time and beyond: Research and managerial implications. **Information Systems Management**, v. 37, n. 4, p. 298-302, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10580530.2020.1820632>. Acesso em: 2 set. 2023.

DILBEROGLU, U. M. *et al.* The role of additive manufacturing in the era of Industry 4.0. **Procedia Manufacturing**, v. 11, p. 545-554, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917303529>. Acesso em: 22 maio 2023

FAY, A. *et al.* **Agents for the realisation of Industrie 4.0** - VDI Status Report. Düsseldorf, Germany: VDI Verein Deutscher Ingenieure, 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/337709148\\_Agents\\_for\\_the\\_realisation\\_of\\_Industrie\\_40\\_-\\_VDI\\_Status\\_Report](https://www.researchgate.net/publication/337709148_Agents_for_the_realisation_of_Industrie_40_-_VDI_Status_Report). Acesso em: 15 set. 2023.

GAJDZIK, B. *et al.* Sustainable development and Industry 4.0: A bibliometric analysis identifying key scientific problems of the sustainable Industry 4.0. **Energies**, v. 13, 4254, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/16/4254>. Acesso em: 14 set. 2023.

GLAS, A. H.; KLEEMANN, F. C. The impact of industry 4.0 on procurement and supply management: A conceptual and qualitative analysis. **International Journal of Business and Management Invention**, v. 5, n. 6, p. 55-66, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Andreas-Glas/publication/304158186\\_The\\_Impact\\_of\\_Industry\\_40\\_on\\_Procurement\\_and\\_Supply\\_Management\\_A\\_Conceptual\\_and\\_Qualitative\\_Analysis/links/5768600808aef9750b0f9ece/The-Impact-of-Industry-40-on-Procurement-and-Supply-Management-A-Conceptual-and-Qualitative-Analysis.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Andreas-Glas/publication/304158186_The_Impact_of_Industry_40_on_Procurement_and_Supply_Management_A_Conceptual_and_Qualitative_Analysis/links/5768600808aef9750b0f9ece/The-Impact-of-Industry-40-on-Procurement-and-Supply-Management-A-Conceptual-and-Qualitative-Analysis.pdf). Acesso em: 14 set. 2023.

GÖTZ, M.; JANKOWSKA, B. Clusters and Industry 4.0—do they fit together?. **European Planning Studies**, v. 25, n. 9, p. 1633-1653, 2017. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09654313.2017.1327037>. Acesso em: 21 set. 2023.

GRABOWSKA, S.; SANIUK, S.; GAJDZIK, B. Industry 5.0: improving humanization and sustainability of Industry 4.0. **Scientometrics**, v. 127, n. 6, p. 3117-3144, 2022. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-022-04370-1>. Acesso em: 14 set. 2023.

GUO, D. *et al.* Synchroperation in industry 4.0 manufacturing. **International Journal of Production Economics**, v. 238, 108171, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092552732100147X>. Acesso em: 12 set. 2023.

GUPTA, R. *et al.* Blockchain-based security attack resilience schemes for autonomous vehicles in industry 4.0: A systematic review. **Computers & Electrical Engineering**, v. 86, 106717, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045790620305723>. Acesso em: 12 set. 2023.

HUANG, S. *et al.* Industry 5.0 and Society 5.0—Comparison, complementation and co-evolution. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 64, p. 424-428, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278612522001224>. Acesso em: 02 maio 2023.

HUANG, J. *et al.* Towards Secure Industrial IoT: Blockchain system with credit-based consensus mechanism, **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 15, n. 6, p. 1-19, 2019. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8661654>. Acesso em: 18 set. 2023.

IVANOV, D. The Industry 5.0 framework: viability-based integration of the resilience, sustainability, and human-centricity perspectives. **International Journal of Production Research**, v. 61, n. 5, p. 1683 - 1695, 2023. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2022.2118892>. Acesso em: 02 set. 2023.

IVANOV, D.; DOLGUI, A.; SOKOLOV, B. Cloud supply chain: Integrating industry 4.0 and digital platforms in the “Supply Chain-as-a-Service”. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 160, 102676, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1366554522000709>. Acesso em: 13 set. 2023.

KAGERMANN, H. **Change through digitization**—Value creation in the age of Industry 4.0. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2014. Disponível em: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-05014-6\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-05014-6_2). Acesso em: 24 set. 2023.

KUSIAK, A. Fundamentals of smart manufacturing: A multi-thread perspective. **Annual Reviews in Control**, v. 47, p. 214-220, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1367578818301044>. Acesso em: 14 set. 2023.

LENG, J. *et al.* Industry 5.0: Prospect and retrospect. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 65, p. 279-295, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278612522001662>. Acesso em: 23 set. 2023.

LEGNICK-HALL, C. A.; BECK, T. E.; LENGNICK-HALL, M. L. Developing a capacity for organizational resilience through strategic human resource management. **Human Resource Management Review**, v. 21, p. 243–255, 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1053482210000355>. Acesso em: 14 set. 2023.

LI, S. *et al.* Towards proactive human–robot collaboration: A foreseeable cognitive manufacturing paradigm. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 60, p. 547-552, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278612521001540>. Acesso em: 12 set. 2023.

LONGO, F.; PADOVANO, A.; UMBRELLO, S. Value-oriented and ethical technology engineering in Industry 5.0: A human-centric perspective for the design of the factory of the future. **Applied Sciences**, v. 10, 4182, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/12/4182>. Acesso em: 12 set. 2023.

LU, Y. *et al.* Outlook on human-centric manufacturing towards Industry 5.0. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 62, p. 612-627, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278612522000164>. Acesso em: 13 set. 2023.

LUTHRA, S.; MANGLA, S. K. Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. **Process Safety and**

**Environment Protection**, v. 117, p. 168–179, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582018301320>. Acesso em: 14 set. 2023.

KAIVO-OJA, J.; ROTH, S.; WESTERLUND, L. Futures of robotics. Human work in digital transformation. **International Journal of Technology Management**, v. 73, n. 4, p. 176-205, 2017. Disponível em: <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJTM.2017.083074>. Acesso em: 14 set. 2023.

MADDIKUNTA, P. K. R. *et al.* Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 26, 100257, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452414X21000558>. Acesso em: 12 set. 2023.

MARCUCCI, G. *et al.* The impact of Operations and IT-related Industry 4.0 key technologies on organizational resilience. **Production Planning & Control**, v. 33, n. 15, p. 1417-1431 2022. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537287.2021.1874702>. Acesso em: 12 set. 2023.

MONOSTORI, L. Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. **Procedia Cirp**, v. 17, p. 9-13, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114003497>. Acesso em: 12 set. 2023.

MUBARIK, M. S. *et al.* Resilience and cleaner production in industry 4.0: Role of supply chain mapping and visibility. **Journal of Cleaner Production**, v. 292, 126058, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095965262100278X>. Acesso em: 14 set. 2023.

NEUGEBAUER, R. *et al.* Industrie 4.0-From the perspective of applied research. **Procedia CIRP**, v. 57, n. 1, p. 2–7, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116311556>. Acesso em: 23 set. 2023.

O'DONOVAN, P. *et al.* Fundamentals of smart manufacturing: A multi-thread perspective. **Annual Reviews in Control**, v. 47, p. 214-220, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1367578818301044>. Acesso em: 13 set. 2023.

OJRA, A. Revisiting Industry 4.0: A New Definition. In: **Science and Information Conference**. Cham. Springer, 2018. pp. 1156-1162. Disponível em:

[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-01174-1\\_88](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-01174-1_88). Acesso em: 14 set. 2023.

PAGE, M. J. *et al.* (2020). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **British Medical journal**, v. 372, n. 71, p. 1-9, 2021. Disponível em: <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71.short>. Acesso em: 12 set. 2023.

RALSTON, P.; BLACKHURST, J. Industry 4.0 and resilience in the supply chain: a driver of capability enhancement or capability loss?. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 16, p. 5006-5019, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2020.1736724>. Acesso em: 12 set. 2023.

RAMIREZ-PEÑA, M. *et al.* Achieving a sustainable shipbuilding supply chain under I4. 0 perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, 118789, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619336595>. Acesso em: 17 set. 2023.

RANGHINO, F. Industry 4.0 and environmental sustainability: good or bad news. **Ambienta Sustainability Lens**, p. 1-8, 2019. Disponível em: <https://www.ambientasgr.com/wp-content/uploads/2019/06/Industry-4.0-and-environmental-sustainability-1.pdf>. Acesso em: 12 set. 2023.

SACOMANO, J. B. *et al.* **Indústria 4.0**. São Paulo: Editora Blucher, 2018.

SANIUK, S.; GRABOWSKA, S.; GAJDZIK, B. Social expectations and market changes in the context of developing the Industry 4.0 concept. **Sustainability**, v. 12, 1362, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/4/1362>. Acesso em: 13 set. 2023.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SPATH, D. *et al.* **Produktionsarbeit der Zukunft-Industrie 4.0**. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2013.

SPIESKE, A.; BIRKEL, H. Improving supply chain resilience through industry 4.0: A systematic literature review under the impressions of the COVID-19 pandemic. **Computers & Industrial Engineering**, v. 158, 107452, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835221003569>. Acesso em: 14 set. 2023.

STOCK, T.; SELIGER, G. Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 40, p. 536-541, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221282711600144X>. Acesso em: 13 set. 2024.

TAO, F. *et al.* Digital twins and cyber–physical systems toward smart manufacturing and industry 4.0: Correlation and comparison. **Engineering**, v. 5, n. 4, p. 653-661, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209580991830612X>. Acesso em: 13 set. 2023.

XU, X. *et al.* Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 61, p. 530-535, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612521002119>. Acesso em: 12 set. 2023.

## **Biografia dos autores**

### **Douglas Oliveira Pedrozo**

Administrador pela Universidade Federal de Lavras UFLA. MBA em Economia e Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas FGV, Especialização em Gerenciamento de Projetos pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, PUC. Mestre em Administração pela Universidade Federal de Itajubá UNIFEI. Doutorando em Engenharia de Produção pela UNESP. Atua nos temas: Estratégia, Projetos e Qualidade nos seguimentos de Pesquisa e Inovação, Mineração, Tecnologia e Varejo em empresas de grande porte.

### **Fernando Figueiredo Motta**

Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela FISS (Faculdades Integradas Silva e Souza). Pós-graduação em Gestão Ambiental, pela Universidade Gama Filho; Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho - pela FISS (Faculdades Integradas Silva e Souza). Pós-graduação em Tecnologia do Concreto pela Faculdade IDD. Mestrando em Engenharia de Produção, pela UNESP/ FEG.

### **Jorge Muniz Junior**

Professor Associado da Universidade Estadual Paulista (UNESP), São Paulo, Brasil, Doutorado em Gestão de Operações pela UNESP, Mestrado em Gestão de Operações pela Universidade de São Paulo (USP). Pesquisa Sistemas Sociais e Manufatura do Futuro (indústria 4.0) e Gestão do Conhecimento em Sistemas de Produção.



Artigo recebido em: 20/02/2024 e aceito para publicação em: 03/07/2025  
DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v25i3.5203>