PRODUÇÃO ONLINE
REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
ISSN 1676-1901

USO DAS TECNOLOGIAS DE IA E BIG DATA NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS E SEUS BENEFÍCIOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

USE OF AI AND BIG DATA TECHNOLOGIES IN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT AND THEIR BENEFITS: A SYSTEMATIC REVIEW

Danielly Soares* E-mail: pg405629@uem.br
Marcelo Gonçalves Trentin** E-mail: marcelo@utfpr.edu.br
*Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, PR, Brasil.
** Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTPR), Pato Branco, PR, Brasil.

Resumo: A digitalização das fábricas tem sido cada vez mais comum nos últimos anos, visto os avanços tecnológicos causados pela Indústria 4.0 ou 4º Revolução Industrial com surgimento de tecnologias como IA, *Big Data*, IoT, Blockchain, Computação em nuvem e outras. O presente estudo realizou uma Revisão Sistemática na base *SciVerse* Scopus considerando a aplicação da IA e do *Big Data* na cadeia de suprimentos no contexto da I4.0. No levantamento, obtiveram-se 43 artigos aptos para a revisão, e, a partir disso, pode-se notar que IA e *Big Data* são tecnologias da I4.0 amplamente aplicadas à cadeia de suprimentos, contudo, não são as únicas, destacando-se aqui também a IoT (*Internet of Things*), por exemplo. Além disso, a pesquisa apontou diversos benefícios da aplicação das tecnologias da I4.0 identificadas na cadeia de suprimentos, como resiliência e rastreabilidade. Contudo, a implementação e integração de tais tecnologias acaba por enfrentar certas barreiras dentro das empresas, como custos e resistência à mudança por parte dos colaboradores.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Big Data. Indústria 4.0. Supply Chain. Gerenciamento.

Abstract: The digitalization of factories has become increasingly common in recent years, due to technological advances brought about by Industry 4.0 or the Fourth Industrial Revolution, with the emergence of technologies such as AI, Big Data, IoT, Blockchain, Cloud Computing, and others. The present study conducted a systematic review in the SciVerse Scopus database, considering the application of AI and Big Data in the supply chain within the context of I4.0. In the survey, 43 articles suitable for the review were obtained, and from this, it can be noted that AI and Big Data are widely applied technologies of I4.0 in the supply chain. However, they are not the only ones, as IoT (Internet of Things) is also highlighted here, for example. Furthermore, the research pointed out several benefits of applying I4.0 technologies identified in the supply chain, such as resilience and traceability. However, the implementation and integration of such technologies face certain barriers within companies, such as costs and resistance to change from employees.

Keywords: Artificial Intelligence. Big Data. Industry 4.0. Supply Chain. Management.

1 INTRODUÇÃO

A indústria, desde o seu surgimento, passou por diversas mudanças disruptivas no seu formato de produção devido aos avanços tecnológicos vivenciados pela humanidade ao longo dos anos. Tais mudanças foram marcos históricos conhecidos como Revolução Industrial. Tendo-se passado três revoluções, chegou-se ao que se conhece como Indústria 4.0 ou 4ª Revolução industrial, caracterizada pela revolução digital e sistemas cyber-físicos, de acordo com Schwab (2016).

Segundo Rupp *et al.* (2021), o termo Indústria 4.0 (ou I4.0) surgiu em 2011 e foi definida pelos autores como sendo "a implementação de Sistemas Cibernéticos Físicos para a criação de Fábricas Inteligentes usando a Internet das Coisas, Big Data, Computação em Nuvem, Inteligência Artificial e Tecnologias de Comunicação para Informação e Comunicação em Tempo Real na Cadeia de Valor". Ainda de acordo com os autores, a I4.0 (Indústria 4.0) e suas tecnologias estão transformando a economia e a produção por meio do uso de tais ferramentas, redes e inovação aberta.

Somando-se a isso, de acordo com Frederico (2021), devido à ocorrência da Indústria 4.0 (I4.0), surgiu nos últimos tempos o termo Supply Chain 4.0 ou Cadeia de Suprimentos 4.0, na qual, segundo o autor, as principais tecnologias da I4.0 que podem ser adotadas são: análise de *big data*, inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT), blockchain, computação em nuvem, robótica, realidade aumentada e manufatura aditiva. Em complemento, um estudo realizado pelo instituto Atlas Intel, juntamente com a startup Tractian e a Revista Manutenção, apontou que a aplicação de tecnologias da Indústria 4.0 resulta em um aumento médio de até 38% da produtividade nas empresas (CIMM, 2023).

Ainda avaliando o impacto e o papel das tecnologias da Indústria 4.0 na cadeia de suprimentos de uma organização, segundo Côrte-Real *et al.* (2019), a tecnologia de *Big Data* teve um considerável impacto na sociedade, o que vem despertando interesse tanto de acadêmicos quanto de profissionais, devido a necessidade do último de gerenciar grandes quantidades de dados para melhores estratégias empresariais.

Sharifpour *et al.* (2022) apontam em seu estudo que o *Big Data* tem se tornado importante devido à quantidade de dados que as empresas acabam tendo que lidar

diariamente em suas operações e a partir da aplicação dessa tecnologia em seus sistemas, a mesma permite monitorar e controlar os processos da cadeia de suprimentos, por exemplo. Além disso, os autores também apresentam o impacto da IA (Inteligência Artificial), a qual, juntamente com a *data analytics*, permite que sistemas coletem informações de mercado disponíveis e as segreguem de tal forma que tais informações sejam usadas na tomada de decisão dos gestores.

Em complemento, Peretz-Andersson *et al.* (2024) apontam que a IA também tem um impacto relevante na transformação digital da indústria, a qual se beneficia de diversas formas. Dentre os benefícios está a flexibilidade dos processos de produção, o que possibilita maior personalização do produto para o cliente, por exemplo.

Tendo isso em vista, esta revisão sistemática da literatura busca identificar como a Inteligência Artificial e o *Big Data* estão sendo usadas dentro das empresas no suporte aos processos e atividades da cadeia de suprimentos, visto que os estudos sobre a aplicação da Inteligência Artificial (IA) nos processos e atividades no cotidiano privado e empresarial vêm sendo tema de diversas discussões. Em complemento, foi possível identificar outras tecnologias da I4.0 para além da IA e *Big Data* que estão sendo aplicadas na gestão da cadeia de suprimentos. Além disso, levantou-se as vantagens e benefícios da aplicação das tecnologias da Indústria 4.0, bem como as dificuldades de sua implementação na cadeia de suprimentos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tecnologias da Indústria 4.0 e cadeia de suprimentos

Na atual era que vivenciamos, a era digital, pode-se perceber que com o passar dos anos houve uma mudança nos ambientes tradicionais, tornando o mercado cada vez mais competitivo, forçando, assim, as empresas a alterarem suas estratégias de gerenciamento de negócios para se adaptarem ao novo cenário que vem surgindo.

Nesse contexto, destaca-se o impacto de tais transformações dentro da cadeia de suprimentos, que está tornando crítica a sua capacidade de otimização para as empresas conseguirem vantagens competitivas. Ainda, os dados trocados pelas cadeias de suprimentos das empresas de serviço ou manufatura vêm aumentando cada vez mais, despertando também o interesse pelo *Big Data*, que pode agregar

valor para as organizações, principalmente frente à previsão de demandas de mercado, otimização de distribuição e decisões de fornecimento (BENABDELLAH *et al.*, 2016).

Além disso, a rápida resposta da cadeia de suprimentos à cenários desastrosos, como o da COVID-19, é essencial. Apesar da imprevisibilidade dessa situações, as empresas não podem se ausentar do mercado, necessitando buscar alternativas para atender da melhor forma possível seus clientes. Inclusive, com a ocorrência da pandemia em 2020, o cenário das tecnologias empregadas nas indústrias começou a se transformar a partir desse momento. Dentro deste contexto, portanto, a resiliência da cadeia de suprimentos se faz importante para a continuidade de sua operação. Naz *et al*. (2022a) apontam que tecnologias da I4.0 podem ajudar as cadeias de suprimentos a terem tal resiliência, enfatizando a IA, IoT e *Big Data* como facilitadoras desse processo.

No trabalho proposto por Frederico (2021), são destacadas tecnologias disruptivas, dentre elas a IoT, juntamente com sensores combinados com outras tecnologias como a IA (Inteligência Artificial), que auxiliam em uma estrutura cyber-física da cadeia de suprimentos, possibilitando que os processos sejam autoexecutados e controlados. Segundo o autor, considerando um contexto de Cadeia de Suprimentos 4.0, as tecnologias implementadas possuem um papel significativo na melhoria dos processos de fornecimento, podendo aumentar a capacidade de resposta da cadeia de suprimentos, ainda mais em situações não previstas, como foi o caso da COVID-19.

Por fim, Javaid *et al.* (2021) complementa que as tecnologias de IA auxiliam as empresas a prever tendências e mudanças de mercado, a fim de maximizar a cadeia de suprimentos de produção. Além disso, os algoritmos de IA calculam demandas de mercado a partir de tendências, padrões e comportamento dos clientes, auxiliando na assertividade da tomada de decisão.

3 METODOLOGIA

O método de pesquisa utilizado neste presente estudo se deu com base na Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) *Roadmap* proposto por Conforto, Amaral e

Silva (2011), no qual tal método consiste, resumidamente, em 3 etapas: entrada, processamento e saída.

Na primeira etapa, a entrada, estabeleceu-se o objetivo do trabalho, a fonte primária de busca pelas publicações, juntamente com a *string* de busca também definida nessa fase. As buscas de trabalhos que abordam o tema se deram na base de dados *SciVerse Scopus*, devido à sua qualidade e confiabilidade. Além disso, foi considerado o período de publicação entre os anos de 2019 e 2024, dada à atualidade do tema abordado.

Ainda na fase de entrada, definiu-se o critério de inclusão das fontes, o qual foi estabelecido da seguinte forma: os trabalhos devem estar indexados na base de dados selecionada para este estudo; serem de acesso livre ou assinadas pela Universidade Estadual de Maringá ou pela rede de periódicos CAPES; apresentarem trabalhos completos na área de estudo e publicações em inglês.

Ademais, os seguintes termos foram definidos: *artificial intelligence; big data; supply chain; management; industry 4.0.* Essas palavras foram combinadas usando operadores lógicos como "AND" e "OR", seguindo as regras estabelecidas pela *SciVerse Scopus* para buscas avançadas. A busca foi realizada considerando diferentes partes dos artigos, como o “título”, o “resumo” e as “palavras-chave”.

O critério de inclusão definido foi: descrição ou aplicação da Inteligência Artificial e *Big Data* (dado o foco nessas tecnologias no presente trabalho) e demais tecnologias da I4.0 nos processos da cadeia de suprimentos, com o intuito de auxiliar na tomada de decisão.

Em seguida, na segunda etapa (processamento), realizou-se a condução das buscas, a qual consistiu em aplicar a *string* de busca na base escolhida. Com isso, a leitura e seleção dos artigos alinhados ao tema de pesquisa foi feita em um primeiro momento através da leitura do título e resumo, os aceitos seguiram para a leitura da introdução e conclusão. Por fim, aqueles que foram aceitos nesta segunda fase, passaram pela leitura completa. A partir da leitura completa dos artigos selecionados, foi possível realizar uma documentação das informações levantadas (alinhadas com o tema e objetivo de pesquisa). Com isso, pode-se realizar um levantamento de tecnologias, benefícios e barreiras de implementação e analisá-los.

A terceira e última etapa (saída) consistiu em realizar uma síntese dos resultados e avaliações levantadas anteriormente, na qual foi possível resumir a ideia do portfólio levantado e apresentar um entendimento e conclusão sobre a pesquisa realizada e seus retornos.

A seguir, o Quadro 1 resume e apresenta de uma forma mais visual as etapas e o que foi realizado em cada uma delas.

Quadro 1 – *Adaptação do modelo de RBS* Roadmap

ENTRADA	**Strings:** *artificial intelligence; big data; supply chain; management; industry 4.0.* **Fonte:** *SciVerse Scopus* **Critério de inclusão:** descrição ou aplicação da Inteligência Artificial e *Big Data* nos processos da cadeia de suprimentos, com o intuito de auxiliar a tomada de decisão.
PROCESSAMENTO	**Filtro 1:** Leitura do título, resumo e palavras-chave. **Filtro 2:** Leitura da introdução e conclusão dos artigos restantes. **Filtro 3:** Leitura completa dos artigos restantes.
SAÍDA	Síntese dos artigos e inclusão ao estudo.

Fonte: Autoria própria (2024).

O levantamento inicial dos estudos para avaliação na base *SciVerse Scopus*, considerando as *strings* de busca citadas anteriormente, resultou em um total de 408 documentos. Dos quais, limitou-se a busca por apenas artigos e artigos de conferência com período de publicação de 2019 a 2024, considerando apenas publicações em inglês e com acesso aberto, que trouxe como resultado 91 artigos para revisão.

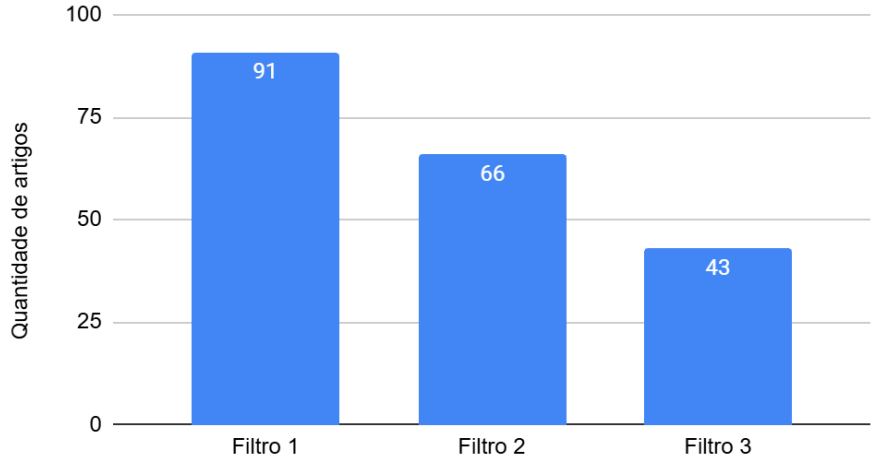
Em seguida, os 91 artigos foram dispostos em uma planilha online (Google Sheets) e foi verificada a existência de duplicatas a partir da leitura dos títulos dos artigos levantados na base *SciVerse Scopus*. Com isso, constatou-se a não existência de duplicatas, resultando ainda em 91 artigos.

Após isso, foi aplicado o filtro 1, no qual foram selecionados artigos que abordam o tema a partir da leitura do título, resumo e palavras-chave. Com isso, 25 artigos foram excluídos neste primeiro filtro, restando 66 para serem aplicados ao segundo filtro.

Os artigos restantes passaram, então, pelo filtro 2, o qual consiste na leitura da introdução e conclusão, o resultado foi a exclusão de 23 artigos. Nesse filtro, artigos que não abordavam as tecnologias de IA (Inteligência Artificial) e/ou *Big Data* no contexto da cadeia de suprimentos foram excluídos. Por fim, restou-se 43 trabalhos para leitura completa (filtro 3) e análise para responder sobre quais as tecnologias da

I4.0 estão sendo usadas na gestão das cadeias de suprimentos, vantagens e desafios de implementação. O gráfico presente na figura a seguir apresenta a quantidade de artigos em cada um dos filtros.

Figura 1 – Gráfico de quantidade de artigos por filtro



Fonte: Autoria própria (2024).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PORTFÓLIO LEVANTADO

A seguir, no Quadro 2 são apresentados os resultados da leitura e análise dos 43 artigos com suas seguintes informações dispostas: numeração, autores, título, tecnologias citadas e benefícios.

Quadro 2 – Análise dos artigos selecionados

Número	Autores	Título	Ano	Tecnologias	Benefícios
1	Melnyk S.A.; Thürer M.; Blome C.; Schoenherr T.; Gold S.	(Re)-discovering simulation as a critical element of OM/SCM research: call for research	(2024)	Big data; Aprendizado de máquina e IA	Identificação de padrões; Otimização de processos; Previsão de Demandas; Análise de respostas a situação disruptivas; Ferramentas de suporte à Sustentabilidade
2	Nasereddin A.Y.	A comprehensive survey of contemporary supply chain management	(2024)	Blockchain; IA; Big Data; IoT; 5G; Automação e robótico	Aumento da eficiência operacional; Melhoria na Tomada de decisão; Maior transparência e rastreabilidade;

		practices in charting the digital age revolution			Flexibilidade e Resiliência da Cadeia de Suprimentos; Sustentabilidade
3	Zhou H.; Sun G.; Fu S.; Fan X.; Jiang W.; Hu S.; Li L.	A distributed approach of big data mining for financial fraud detection in a supply chain	(2020)	IoT; Blockchain; Computação em nuvem; IA; Computação em Nuvem; Deep Learning	Detecção de fraudes; Escalabilidade (aumento na capacidade de processamento); Abordagem mais robusta para gestão de riscos; Análise em tempo real; Processamento de dados mais eficiente
4	Sood S.K.; Rawat K.S.; Kumar D.	A visual review of artificial intelligence and Industry 4.0 in healthcare	(2022)	IoT; Big Data; IA e impressão 3D	Melhora na eficiência operacional; Tomada de decisão baseada em informações; Otimização de processos e Melhor gestão de riscos
5	Zeng X.; Yi J.	Analysis of the Impact of Big Data and Artificial Intelligence Technology on Supply Chain Management	(2023)	Big data; IA; IoT	Aumento da eficiência; Aumento da precisão; Auxílio na previsão de demandas; Melhoria na comunicação; Redução de erros e falhas; Melhoria na segurança e privacidade dos dados
6	Kehayov M.; Holder L.; Koch V.	Application of artificial intelligence technology in the manufacturing process and purchasing and supply management	(2022)	IA; Machine Learning; Big Data e Sistemas Cyber-físicos	Otimização de processos; Diminuição de erros; Monitoramento em tempo real; Decisões baseadas em dados; Aumento/melhoria da eficiência; Adaptação e Flexibilidade (mais agilidade da cadeia de suprimentos)
7	Rusch M.; Schöggl J.-P.; Baumgartner R.J.	Application of digital technologies for sustainable product management in a circular economy: A review	(2023)	Blockchain; IoT e Big Data	Melhor rastreabilidade dos produtos; Melhora da eficiência operacional; Tomada de decisão com base em dados; Facilidade no compartilhamento de informações
8	Tadić S.; Veljović M.; Krstić M.; Zečević S.	APPLICATION OF INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES IN HOME DELIVERY: A REVIEW	(2023)	IoT; Blockchain; Big Data; Computação em nuvem; IA e Realidade aumentada	Eficiência operacional; Qualidade do serviço de entrega; Rastreamento em tempo real; Otimização de rotas; Segurança nas transações; Transparência nas operações; Melhoria na experiência do cliente

9	Zamani E.D.; Smyth C.; Gupta S.; Dennehy D.	Artificial intelligence and big data analytics for supply chain resilience: a systematic literature review	(2023)	IA; Big Data; Machine Learning	Aumento da visibilidade da cadeia de suprimentos; Transparência das operações; Rápida recuperação após interrupções; Previsão de riscos; Melhor eficiência operacional; Capacidade de resposta mais rápida
10	Wang S.	Artificial Intelligence Applications in the New Model of Logistics Development Based on Wireless Communication Technology	(2021)	IA; Big Data; IoT	Aumento da eficiência operacional; Otimização de custos logísticos; Acesso a informações em tempo real melhorando a qualidade do serviço prestado; Integração e compartilhamento de informações entre diferentes cadeias de suprimentos; Melhor adaptação as demandas
11	Ashal N.; Morshed A.	Balancing data-driven insights and human judgment in supply chain management: The role of business intelligence, big data analytics and artificial intelligence	(2024)	BI (Business intelligence); IA e Big Data	Tomada de decisão estratégica com base em dados; Redução de custos; Melhoria da eficiência; Entendimento profundo das preferências dos consumidores e tendências de mercado
12	Mishra D.; Muduli K.; Raut R.; Narkhede B.E.; Shee H.; Jana S.K.	Challenges Facing Artificial Intelligence Adoption during COVID-19 Pandemic: An Investigation into the Agriculture and Agri-Food Supply Chain in India	(2023)	IA; Big Data; IoT; Impressão 3D	Aumento da eficiência; Redução de Custos; Melhoria da qualidade de produtos agrícolas; Sustentabilidade; Acesso aos dados em tempo real
13	Oh A.-S.	Designing smart supplier chain management model under big data and internet of things environment	(2019)	IA; Big Data; IoT	Redução de custos; Melhoria na qualidade da entrega; Gestão eficiente de inventário; Interconexão dos processos de negócios; Identificação de tendências e padrões; Acompanhamento em tempo real dos processos/informações

14	Mohsen B.M.	Developments of Digital Technologies Related to Supply Chain Management	(2023)	IA; Big Data; IoT; Blockchain; Realidade aumentada; Gêmeos digitais; Robôs e veículos autônomos	Melhora na eficiência operacional; Tomada de decisão com base em dados; Transparência e rastreabilidade; Monitoramento em tempo real; Redução dos custos; Maior flexibilidade; Melhoria da experiência do cliente
15	Akbari M.; Hopkins J.L.	Digital technologies as enablers of supply chain sustainability in an emerging economy	(2022)	IA; Big Data; IoT; Impressão 3D; Drones; Blockchain	Melhoria da eficiência operacional; Rastreamento em tempo real; Tomada de decisão com base em dados; Transparência e segurança; Agilidade e resiliência
16	Chauhan S.; Singh R.; Gehlot A.; Akram S.V.; Twala B.; Priyadarshi N.	Digitalization of Supply Chain Management with Industry 4.0 Enabling Technologies: A Sustainable Perspective	(2023)	IoT; Computação em nuvem; Big Data; IA; Blockchain; Gêmeos digitais;	Otimização de processos; Monitoramento em tempo real; Tomada de decisão com base em dados; Melhor rastreabilidade dos produtos; Adaptação as mudanças de mercado; Sustentabilidade
17	Sharifmousavi M.; Kayvanfar V.; Baldacci R.	Distributed Artificial Intelligence Application in Agri-food Supply Chains 4.0	(2024)	IoT; Big Data; IA; Sistemas ciber-físicos	Aumento da automação e conectividade; Troca de dados em tempo real; Tomada de decisão com base em dados; Resiliência; Melhor capacidade de respostas; Transparência; Sustentabilidade; Otimização de recursos
18	Perano M.; Cammarano A.; Varriale V.; Del Regno C.; Michelino F.; Caputo M.	Embracing supply chain digitalization and unphysicalization to enhance supply chain performance: a conceptual framework	(2023)	IA; IoT; Blockchain; Tecnologias geoespaciais; Robôs autônomos; Cobots; Realidade aumentada; Realidade virtual	Melhoria da eficiência operacional; Aumento da produtividade; Redução de custos; Melhoria na satisfação do cliente; Acompanhamento de dados em tempo real; Transparência; Sustentabilidade
19	Gu F.	Exploring the Application and Optimization Strategy of the LMBP Algorithm in Supply Chain Performance Evaluation	(2022)	Big Data; IA; Sistemas de informação (IoT)	Tomada de decisão com base em dados; Aumento da eficiência operacional; Redução dos custos; (resposta mais rápida à mudanças de mercado) Flexibilidade e Resiliência

20	Kadhim Obaid M.; Abood B.S.Z.; Khalid Alazzai W.; Jasim L.	From Field to Fork: The Role of AI and IoT in Agriculture	(2024)	IoT; IA; Blockchain	Monitoramento em tempo real; Otimização de recursos; Rastreabilidade e transparência; Sustentabilidade; Decisões mais inteligentes
21	Hussein A.H.A.; Jabbar K.A.; Mohammed A.; Jasim L.	Harvesting the Future: AI and IoT in Agriculture	(2024)	IA; IoT	Otimização de recursos; Aumento da produtividade; Monitoramento em tempo real; Sustentabilidade; Melhoria na qualidade dos produtos
22	Dubey R.; Bryde D.J.; Dwivedi Y.K.; Graham G.; Foropon C.	Impact of artificial intelligence-driven big data analytics culture on agility and resilience in humanitarian supply chain: A practice-based view	(2022)	IA; Big Data; Blockchain; Sistemas de geo-posicionamento; Sensores	Tomada de decisão com base em dados; Aumento da agilidade; Resiliência; Coordenação e Colaboração aprimoradas; Redução da complexidade de informação
23	Hassoun A.; Kamiloglu S.; Garcia-Garcia G.; Parra-López C.; Trollman H.; Jagtap S.; Aadil R.M.; Esatbeyoglu T.	Implementation of relevant fourth industrial revolution innovations across the supply chain of fruits and vegetables: A short update on Traceability 4.0	(2023)	IA; IoT; Big Data; Blockchain	Melhoria da qualidade e segurança de alimentos; Aumento da rastreabilidade; Redução de custos de recall de alimentos; Diminuição de desperdícios e perdas; Melhorias na eficiência logística; Aumento da rentabilidade para os produtores
24	Kunkel S.; Matthess M.; Xue B.; Beier G.	Industry 4.0 in sustainable supply chain collaboration: Insights from an interview study with international buying firms and Chinese suppliers in the electronics industry	(2022)	Big Data; IA; Tecnologias de digitalização; Plataforma de análise de dados ambientais	Melhoria na sustentabilidade; Otimização dos processos; Aprimoramento da análise da dados ambientais; Facilitação da colaboração; Potencial para inovação
25	Kopeinig J.; Woschank M.; Olipp N.	Industry 4.0 Technologies and their Implications for Environmental Sustainability in the Manufacturing Industry	(2024)	IoT; IA; Big Data; Sistemas Ciber-físicos; Impressão 3D; Computação em nuvem; Blockchain; Robôs autônomos	Redução do consumo de combustível; Redução do uso de materiais; Redução de Desperdícios; Redução do consumo de energia; Integração e transparência

26	Long P.; Lu L.; Chen Q.; Chen Y.; Li C.; Luo X.	Intelligent selection of healthcare supply chain mode – an applied research based on artificial intelligence	(2023)	IA e IoT	Melhoria da eficiência operacional; Aumento da conectividade; Sustentabilidade; Melhor gerenciamento de riscos
27	Sharifpour H.; Ghaseminezhad Y.; Hashemi-Tabatabaei M.; Amiri M.	Investigating cause-and-effect relationships between supply chain 4.0 technologies	(2022)	IoT; Blockchain; Big Data; IA; Computação em nuvem; Impressão 3D; Realidade aumentada; Drones; Veículos autônomos	Controle de operações; Adaptabilidade e flexibilidade em tempo real; Eficiência energética; Otimização de processos; Sustentabilidade
28	Naz F.; Kumar A.; Majumdar A.; Agrawal R.	Is artificial intelligence an enabler of supply chain resiliency post COVID-19? An exploratory state-of-the-art review for future research	(2022a)	IA; Big data; Impressão 3D; Computação em nuvem; IoT	Melhoria na previsão de demanda, planejamento de suprimentos e monitoramento de localização (melhoria da eficiência e efetividade); Redução nas interrupções na cadeia de suprimentos; Rastreabilidade; Melhora da capacidade de resposta; Decisões autônomas
29	Liu L.; Song W.; Liu Y.	Leveraging digital capabilities toward a circular economy: Reinforcing sustainable supply chain management with Industry 4.0 technologies	(2023)	IoT; Big Data e Blockchain	Melhoria na troca de informações; Aumento da flexibilidade; Decisões baseada em dados; Sustentabilidade; Melhor rastreamento (Rastreabilidade)
30	Zhang Q.; Gao B.; Luqman A.	Linking green supply chain management practices with competitiveness during covid 19: The role of big data analytics	(2022)	Big Data e IA	Análise eficiente dos dados; Otimização de processos; Aumento da competitividade; Melhor visibilidade e gestão de questões ambientais
31	Remondino M.; Zanin A.	Logistics and Agri-Food: Digitization to Increase Competitive Advantage and Sustainability.	(2022)	IoT; Big Data; Robôs autônomos	Aumento da eficiência; Redução de custos; Oportunidade de negócios; Tomada de decisões com base em dados; Integração de

		Literature Review and the Case of Italy			sistemas; Colaboração; Sustentabilidade
32	Chen C.-T.; Khan A.; Chen S.-C.	Modeling the impact of BDA-AI on sustainable innovation ambidexterity and environmental performance	(2024)	Big Data; IA; Machine Learning; IoT	Sustentabilidade; Aumento da eficiência operacional; Tomada de decisão baseada em dados; Colaboração entre parceiros da cadeia de suprimentos; Aumento da adaptabilidade; Inovação em produtos e processos.
33	Aliyev A.G.; Shahverdiyeva R.O.; Hagverdiyeva U.H.	Modernization of E-Commerce and Logistics Platforms of Enterprises Based on Artificial Intelligence Technology	(2024)	IA; IoT; Big Data; Computação em nuvem	Otimização da gestão de inventários; Monitoramento em tempo real; Automação de processos; Redução de custos; Melhoria na qualidade dos serviços.
34	Naz F.; Agrawal R.; Kumar A.; Gunasekaran A.; Majumdar A.; Luthra S.	Reviewing the applications of artificial intelligence in sustainable supply chains: Exploring research propositions for future directions	(2022b)	IA; Big Data; IoT; Robôs	Rastreabilidade; Tomada de decisão baseada em dados; Melhora da eficiência operacional; Personalização; Sustentabilidade
35	Allahham M.; Sharabati A.-A.A.; Al-Sager M.; Sabra S.; Awartani L.; Khraim A.S.L.	Supply chain risks in the age of big data and artificial intelligence: The role of risk alert tools and managerial apprehensions	(2024)	IA; Big Data	Melhora na eficiência operacional; Resiliência; Automatização das operações da gestão de riscos; Melhoria na eficácia das ferramentas de alerta de riscos
36	Benzidia S.; Makaoui N.; Bentahar O.	The impact of big data analytics and artificial intelligence on green supply chain process integration and hospital environmental performance	(2021)	IA; Big Data	Tomada de decisão baseada em dados; Integração de processos; Redução de desperdícios e emissão de carbono; Colaboração entre as partes da cadeia de suprimentos; Respostas mais eficazes
37	Das G.; Li S.; Tunio R.A.; Jamali R.H.; Ullah I.; Fernando K.W.T.M.	The implementation of green supply chain management (GSCM) and environmental management system (EMS)	(2023)	IA; Big Data	Aumento da competitividade; Melhora na eficiência; Aprimoramento dos sistemas de gestão ambiental; Melhora na capacidade de respostas à desafios/crises; Resiliência

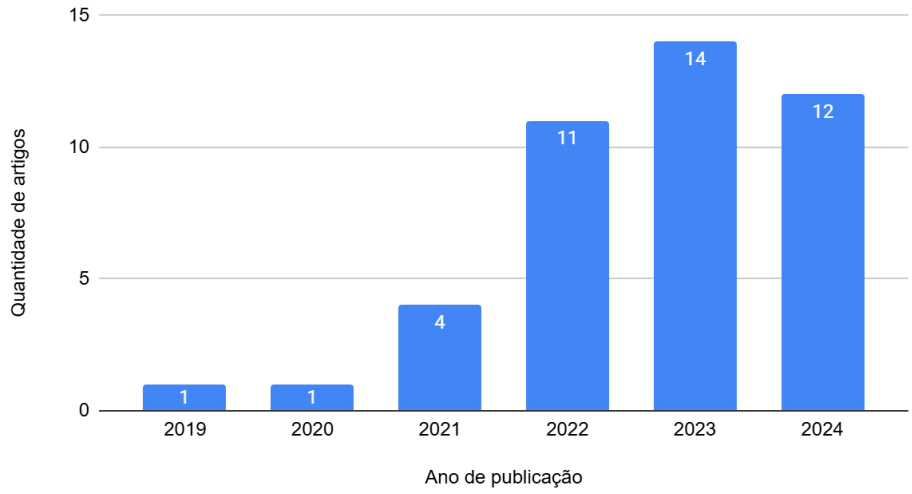
		practices and its impact on market competitiveness during COVID-19			
38	Fu Y.; Sun X.; Wang W.	The Optimization of Global Organizational Communication for Enterprise Supply Organization Management by Using Big Data Text Mining	(2023)	Computação em nuvem; IA; Big Data; IoT; Robótica; Impressão 3D	Melhora na eficiência; Redução da complexidade dos processos; Colaboração entre as partes envolvidas da cadeia de suprimentos; Personalização em massa; Redução de custos
39	Tran-Dang H.; Kim D.-S.	The Physical Internet in the Era of Digital Transformation: Perspectives and Open Issues	(2021)	IoT; Ia; Big Data; Machine Learning; Computação em nuvem; Blockchain; Digital Twin; Realidade Digital	Melhora na eficiência operacional; Respostas mais rápidas à mudança de mercado; Resiliência; Melhor experiência do cliente; Tomada de decisão baseada em dados; Transparência e segurança
40	Gallo H.; Khadem A.; Alzubi A.	The Relationship between Big Data Analytic-Artificial Intelligence and Environmental Performance: A Moderated Mediated Model of Green Supply Chain Collaboration (GSCC) and Top Management Commitment (TMC)	(2023)	IA; Big Data	Aumento da visibilidade; Otimização de custos; Aumento da produtividade; Desenvolvimento de novos produtos; Tomada de decisão baseada em dados
41	Pereira E.T.; Shafique M.N.	The Role of Artificial Intelligence in Supply Chain Agility: A Perspective of Humanitarian Supply Chain	(2024)	IA; Big Data; Blockchain; Impressão 3D	Resposta mais rápida às mudanças; Melhoria na colaboração entre as partes da cadeia de suprimentos; Tomada de decisão baseada em dados; Transparência das transações; Rastreabilidade; Resiliência
42	Ismail M.M.; Ahmed Z.; Abdel-Gawad A.F.; Mohamed M.	Toward Supply Chain 5.0: An Integrated Multi-Criteria Decision-Making Models for Sustainable and	(2024)	IoT; Big Data; Gêmeos digitais; Blockchain; Robôs;	Aumento da eficiência operacional; Tomada de decisão baseada em dados; Transparência e segurança nas transações; Resiliência; Sustentabilidade

		Resilience Enterprise		Computação em nuvem	
43	Chen Y.; Biswas M.I.	Turning crisis into opportunities: How a firm can enrich its business operations using artificial intelligence and big data during covid-19	(2021)	IA; Big Data	Automação de processos; Tomada de decisão baseada em dados; Resiliência; Adaptação a crises; Aumento de receita

Fonte: Autoria própria (2024).

A análise da quantidade de publicações ao longo dos anos permite um entendimento sobre a produção acadêmica do conteúdo do presente trabalho com o passar do tempo. De acordo com a Figura 2, o ano de 2023 contém o maior número de publicações (14), sendo seguido pelo ano de 2024 com 12 publicações e o ano de 2022 com 11 publicações.

Figura 2 - Gráfico de publicações por ano



Fonte: Autoria própria (2026).

Os valores apontados pelo gráfico da Figura 2 indicam uma tendência crescente de pesquisas e publicações a respeito do tema de utilização de IA e *Big Data* nas cadeias de suprimentos. Apesar disso, um ponto de destaque é o ano de 2020, o qual possui uma única publicação, assim como o ano de 2019. Uma possível explicação para o ocorrido em 2020 é o fato de que naquele mesmo ano o mundo entrou em *lockdown* devido à pandemia da COVID-19, levando à alterações de rotinas

em todos os meios de produção, inclusive o acadêmico. Uma outra hipótese está relacionada ao surgimento da preocupação com relação à resiliência das organizações e de seus processos diante de cenários adversos, bem como o uso de tecnologias avançadas para o aprimoramento de tal característica.

Nos anos seguintes, ou seja, de 2021 em diante, nota-se o crescimento no número de trabalhos publicados sobre o tema. A queda no ano de 2024 se deve ao fato deste presente trabalho ter coletado os dados ainda no ano de 2024, ou seja, o ano ainda não havia acabado. Contudo, a avaliação do gráfico indica que os valores atingidos serão maiores que no ano anterior, dada a tendência de crescimento identificada.

Com base nos 43 artigos selecionados para leitura e avaliação, pode-se observar o crescente uso das tecnologias da Indústria 4.0 nas cadeias de suprimentos, principalmente da IA, *Big Data* e IoT, conforme apresentado a seguir na Tabela 1. Além disso, as literaturas revisadas apontam uma tendência cada vez maior da junção da IA com o *Big Data*, tornando-se uma única tecnologia importante na análise de grandes quantidades de dados para tomadas de decisão baseadas em informações, dentre outras ações que podem ser feitas a partir da coleta e análise de grandes quantidades de dados.

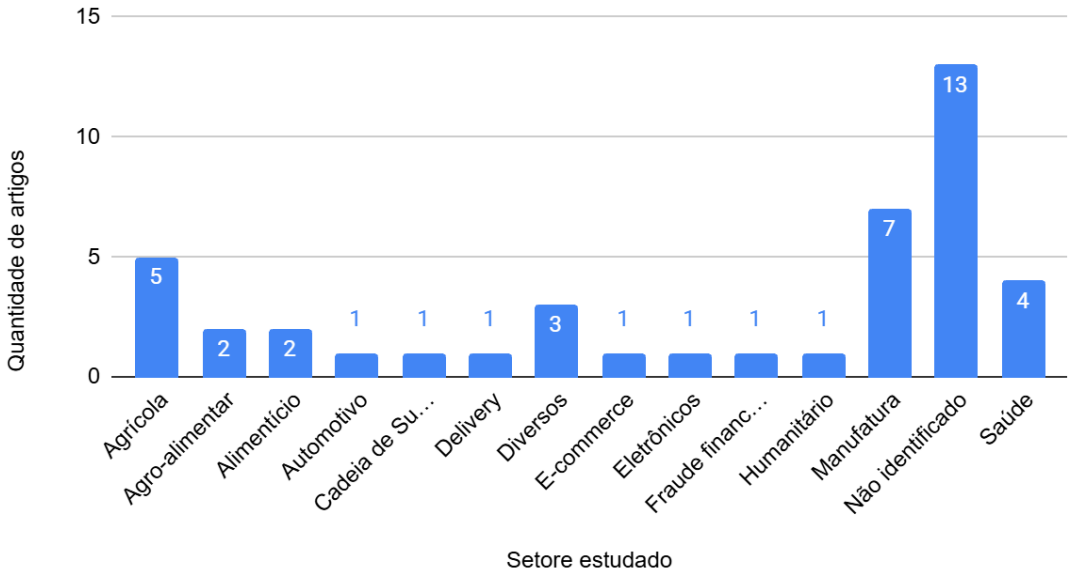
Tabela 1 – Ranking das 5 tecnologias mais citadas pelos artigos

TECNOLOGIA	QUANTIDADE DE ARTIGOS QUE CITAM
IA	38
Big Data	37
IoT	30
Blockchain	17
Computação em nuvem	11

Fonte: Autoria própria (2024).

Por fim, também identificou-se na leitura dos artigos, que os setores presentes na abordagem dos estudos abrangem suas mais variadas áreas, desde saúde até o setor automotivo, trazendo diversos benefícios para as empresas dos mais diversos ramos, destacando sua aplicação principalmente nos setores de manufatura, agrícola e saúde, como pode ser observado na Figura 3 a seguir.

Figura 3 – Gráfico dos setores mais estudados pelos artigos



Fonte: Autoria própria (2024).

4.2 VANTAGENS E BENEFÍCIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS

Dentro os benefícios mais destacados nos artigos, encontra-se a tomada de decisão com base em dados, visto que a partir da implementação de tecnologias como IA e *Big Data* nas cadeias de suprimentos, a coleta e análise de grandes dados se torna possível. Desta forma, os gestores acabam por possuir dados que auxiliam de forma estratégica na tomada de decisão (Benzidia, Makaoui, Bentahar, 2021; Chen, Biswas, 2021; Tran-Dang, Kim, 2021). Além disso, a sustentabilidade foi um benefício bastante presente como resultado da implementação de tecnologias da I4.0 nas cadeias de suprimento, devido à gestão mais eficiente dos recursos de produção, por exemplo (Chen, Khan, Chen, 2024; Ismail *et al.,* 2024; Remondino, Zanin, 2022).

Outros dois benefícios que acabam caminhando juntos é a transparência e acompanhamento em tempo real dos dados. A partir da implementação de tecnologias de captura, análise e armazenamento de dados juntamente com a tecnologia do 5G, os gestores e, por vezes, stakeholders das empresas, conseguem acompanhar em tempo real dados da cadeia de suprimentos, o que caminha com um outro ponto positivo da utilização de tais tecnologias, a rastreabilidade. A rastreabilidade acaba

por permitir identificar todo o “caminho” daquele produto, desde sua origem, passando pelo seu processo de manufatura até a entrega para o cliente final (Kehayov, Holder, Koch, 2022; Mohsen, 2023; Nasereddin, 2024).

Ademais, a melhoria na eficiência dos processos também é um ponto de destaque apresentado pelos artigos avaliados, podendo impactar inclusive na experiência do cliente (Mohsen, 2023; Tadić *et al.*, 2023; Tran-Dang, Kim, 2021).

Por fim, a resiliência também foi identificada como um dos fatores benéficos da implementação das tecnologias da I4.0 nas cadeias de suprimentos, como pode-se observar no trabalho de Nasereddin (2024). A resiliência pode ser entendida como a capacidade de não apenas resistência à mudança, mas também uma rápida resposta às alterações que podem vir a ocorrer ao longo da cadeia de suprimentos, seja por motivos internos ou externos, como a COVID-19.

Em geral, entende-se que a implementação das tecnologias de IA e *Big Data* nas cadeias de suprimentos impacta positivamente a eficiência de processos, qualidade do serviço prestado, melhoria na experiência do cliente, sustentabilidade e resiliência da empresa. Com isso, a organização consegue caminhar para um desenvolvimento mais sustentável e preparado para o mercado, suas demandas e instabilidades, tornando-se competitiva.

4.3 DIFICULDADES DE IMPLEMENTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS

Apesar dos inúmeros benefícios e vantagens que a implementação das tecnologias da Indústria 4.0 pode trazer para a cadeia de suprimentos das empresas, a sua implementação enfrenta barreiras, tornando o processo difícil e complexo. A Tabela 2 a seguir foi estruturada levando em consideração as 5 dificuldades de implementação das tecnologias avançadas nas cadeias de suprimento mais citadas dentre os artigos do portfólio levantado (Quadro 1).

Tabela 2 – Ranking das 5 dificuldades mais citadas pelos artigos

DIFICULDADES	QUANTIDADE
Resistência à mudança	27
Altos custos de implementação	23
Falta de pessoal capacitado e necessidade de treinamento	19
Dificuldade de integração com sistemas já existentes	16
Preocupação com segurança e privacidade dos dados	13

Fonte: Autoria própria (2026).

Uma das principais dificuldades para implementação de tais tecnologias dentro das cadeias de suprimento das empresas se refere à resistência à mudança, a qual teve uma ocorrência de 27 vezes dentre os artigos selecionados. A resistência à mudança pode ocorrer tanto por parte dos gestores, quanto por parte dos colaboradores, variando desde a alta gerência até o chão de fábrica. Além disso, a necessidade de treinamento e capacitação dos colaboradores (dificuldade essa que aparece 19 vezes nos artigos) aumenta essa barreira frente à implementação das tecnologias no dia a dia fabril (Melnyk *et al.,* 2024; Sood, Rawat, Kumar, 2022; Zhou *et al.,* 2020).

Além desses grandes empecilhos organizacionais e culturais, outra grande barreira enfrentada pelas empresas é o alto custo de implementação das tecnologias (ocorrência de 23 vezes), tornando a inserção de tais ferramentas na empresa algo não tão atrativo em um primeiro momento (Rusch, Schöggl, Baumgartner, 2023; Zamani *et al.,* 2023; Zeng, Yi, 2023).

Outro ponto de dificuldade ocorre quando as tecnologias são levadas para dentro das fábricas. Muitas vezes há dificuldade de integrá-las aos sistemas já existentes e utilizados por essas organizações, o que se pode resumir como dificuldades na interoperabilidade (ocorrência de 16 vezes). Tal barreira ocorre devido aos avanços das tecnologias, as quais alguns sistemas um pouco mais antigos não

acompanham e, por isso, não suportam tamanha integração, por exemplo (Ashal, Morshed, 2024; Sharifmousavi, Kayvanfar, Baldacci, 2024; Tadić *et al*., 2023).

Por fim, ainda é ressaltada a grande preocupação que as empresas têm frente à privacidade e à segurança de seus dados (ocorrência igual a 13 vezes). O receio de um ataque cibernético ou até mesmo de sequestro de dados faz com que aquele primeiro ponto destacado (resistência a mudanças) seja ainda mais fortalecido, com a justificativa do risco de um ataque virtual (Akbari, Hopkins, 2022; Gu, 2022; Kadhim Obaid *et al.,* 2024).

Tendo isso em vista, é possível compreender que o avanços tecnológicos ainda são uma novidade dentro da maioria das organizações, o receio frente à segurança e ao uso dessas tecnologias barram sua implementação e aplicação no cotidiano fabril. Ademais, destaca-se os altos custos agregados para a transformação digital, já que, não apenas as tecnologias possuem um alto custo inicial de implementação, mas também há dificuldades de interoperabilidade que “forçam” a troca de equipamentos mais antigos por mais atuais, acarretando em altos valores de investimento, tornando a acessibilidade das tecnologias restrita.

5 CONCLUSÕES FINAIS

Entende-se que a humanidade vem avançando e que a onda das revoluções industriais causou e causa mudanças nos mais variados âmbitos da indústria e da sociedade. A Indústria 4.0 ou 4º Revolução Industrial, em especial, também trouxe alterações para a indústria, principalmente para a cadeia de suprimentos, na qual tecnologias como IA, *Big Data* e IoT são implementadas para melhoria da eficiência, resiliência e tomada de decisão.

De acordo com o levantamento realizado pelo presente estudo, pode-se notar o uso conjunto das tecnologias de IA e *Big Data*, tanto que um novo termo foi visualizado para designar tal junção, o IA-BDA, que corresponde à junção de ambas as tecnologias citadas, permitindo a coleta e análise de dados de forma eficiente.

Além disso, nota-se que não apenas a IA e o *Big Data* possuem grande relevância e contribuição para a cadeia de suprimentos das organizações, mas também outras tecnologias da I4.0. Destacam-se tecnologias avançadas como IoT, Blockchain, Computação em nuvem dentre outras, que utilizadas de forma unificada auxiliam as fábricas na sistematização e interoperabilidade dos sistemas, podendo

chegar a bons resultados e benefícios, como rastreabilidade, tomada de decisão baseada em dados, resiliências dentre outros pontos positivos.

Contudo, a implantação e integração das tecnologias da Indústria 4.0 dentro das fábricas encontram diversos empecilhos, que variam desde o custo de implementação até a resistência à mudança por parte dos colaboradores ali presentes, sejam eles da alta liderança ou não. Além disso, vale ressaltar a desigualdade de desenvolvimento tecnológico entre regiões, apontada por alguns artigos, como sendo uma barreira até mesmo para o acesso à internet, fator vital para o pleno funcionamento das tecnologias citadas.

Por fim, destaca-se a limitação do próprio estudo, o qual teve como fonte apenas a base *SciVerse* Scopus, restringindo a amplitude do estudo, o que pode ter contribuído para a não contabilização de estudos pertinentes a respeito do tema disponíveis em outras bases. Além disso, como indicação de pesquisas futuras, os autores pontuam a identificação e levantamento de métricas para melhor mensuração dos impactos da IA e *Big Data* na cadeia de suprimentos, bem como estudos de casos práticos, apontando, por exemplo, impactos financeiros, sustentáveis ou gerenciais a partir da implementação das tecnologias.

REFERÊNCIAS

AKBARI, M.; HOPKINS, J. L. Digital technologies as enablers of supply chain sustainability in an emerging economy. **Operations Management Research**, v. 15, n. 3–4, p. 689–710, 1 dez. 2022.

ALIYEV, A. G.; SHAHVERDIYEVA, R. O.; HAGVERDIYEVA, U. H. **Modernization of E-Commerce and Logistics Platforms of Enterprises Based on Artificial Intelligence Technology**. Advances in Transdisciplinary Engineering. **Anais**...IOS Press BV, 13 fev. 2024.

ALLAHHAM, M. *et al*. Supply chain risks in the age of big data and artificial intelligence: The role of risk alert tools and managerial apprehensions. **Uncertain Supply Chain Management**, v. 12, n. 1, p. 399–406, 1 dez. 2024.

ASHAL, N.; MORSHED, A. 11 - Balancing data-driven insights and human judgment in supply chain management. v. 8, 28 jun. 2024.

BENABDELLAH, A. C. et al. **2016 IEEE ACS 13th International Conference of Computer Systems and Applications (AICCSA)**. Agadir: IEEE, 2016.

BENZIDIA, S.; MAKAOUI, N.; BENTAHAR, O. The impact of big data analytics and artificial intelligence on green supply chain process integration and hospital environmental performance. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 165, 1 abr. 2021.

CHAUHAN, S. *et al*. Digitalization of Supply Chain Management with Industry 4.0 Enabling Technologies: A Sustainable Perspective. **Processes**, v. 11, n. 1, 1 jan. 2023.

CHEN, C. T.; KHAN, A.; CHEN, S. C. Modeling the impact of BDA-AI on sustainable innovation ambidexterity and environmental performance. **Journal of Big Data**, v. 11, n. 1, 1 dez. 2024.

CHEN, Y.; BISWAS, M. I. Turning crisis into opportunities: How a firm can enrich its business operations using artificial intelligence and big data during covid-19. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 22, 1 nov. 2021.

CIMM. Indústria 4.0 impulsiona ganhos de até 38% na produtividade, revela pesquisa. **Canal Indústria 4.0**, 2023. Disponível em: <https://www.industria40.ind.br/noticias/24595-industria-40-impulsiona-ganhos-38-produtividade-revela-pesquisa>. Acesso em: 06 set. de 2024.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. Roteiro para Revisão Bibliográfica Sistemática: Aplicação no Desenvolvimento de Produtos e Gerenciamento de Projetos. *In:* **8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto - CBGDP 2011.** Porto Alegre: [s.n.]. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/267380020>.

CÔRTE-REAL, N. *et al.* (2019). **Unlocking the drivers of big data analytics value in firms**. *Journal of Business Research*, *97*, 160–173.

DAS, G. *et al*. The implementation of green supply chain management (GSCM) and environmental management system (EMS) practices and its impact on market competitiveness during COVID-19. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 26, p. 68387–68402, 1 jun. 2023.

DUBEY, R. et al. Impact of artificial intelligence-driven big data analytics culture on agility and resilience in humanitarian supply chain: A practice-based view. **International Journal of Production Economics**, v. 250, 1 ago. 2022.

FREDERICO, G. F. Towards a Supply Chain 4.0 on the post-COVID-19 pandemic: a conceptual and strategic discussion for more resilient supply chains. **Rajagiri Management Journal**, v. 15, n. 2, p. 94–104, 17 set. 2021.

FU, Y.; SUN, X.; WANG, W. The Optimization of Global Organizational Communication for Enterprise Supply Organization Management by Using Big Data Text Mining. **Journal of Global Information Management**, v. 31, n. 3, 2023.

GALLO, H.; KHADEM, A.; ALZUBI, A. The Relationship between Big Data Analytic-Artificial Intelligence and Environmental Performance: A Moderated Mediated Model of Green Supply Chain Collaboration (GSCC) and Top Management Commitment (TMC). **Discrete Dynamics in Nature and Society**, v. 2023, 2023.

GU, F. Exploring the Application and Optimization Strategy of the LMBP Algorithm in Supply Chain Performance Evaluation. **Computational Intelligence and Neuroscience**, v. 2022, 2022.

HASSOUN, A. et al. Implementation of relevant fourth industrial revolution innovations across the supply chain of fruits and vegetables: A short update on Traceability 4.0. **Food Chemistry**, v. 409, 30 maio 2023.

HUSSEIN, A. H. A. et al. **Harvesting the Future: AI and IoT in Agriculture**. E3S Web of Conferences. **Anais**...EDP Sciences, 16 jan. 2024.

ISMAIL, M. M. et al. Toward Supply Chain 5.0: An Integrated Multi-Criteria Decision-Making Models for Sustainable and Resilience Enterprise. **Decision Making: Applications in Management and Engineering**, v. 7, n. 1, p. 160–186, 1 abr. 2024.

JAVAID, Mohd *et al*. Artificial Intelligence Applications for Industry 4.0: A Literature-Based Study. **Journal of Industrial Integration and Management**, v. 07, n. 01, p. 83–111, 2021.

KADHIM OBAID, M. et al. **From Field to Fork: The Role of AI and IoT in Agriculture**. E3S Web of Conferences. **Anais**...EDP Sciences, 21 fev. 2024.

KEHAYOV, M.; HOLDER, L.; KOCH, V. **Application of artificial intelligence technology in the manufacturing process and purchasing and supply management**. Procedia Computer Science. **Anais**...Elsevier B.V., 2022.

KOPEINIG, J.; WOSCHANK, M.; OLIPP, N. **Industry 4.0 Technologies and their Implications for Environmental Sustainability in the Manufacturing Industry**. Procedia Computer Science. **Anais**...Elsevier B.V., 2024.

KUNKEL, S. et al. Industry 4.0 in sustainable supply chain collaboration: Insights from an interview study with international buying firms and Chinese suppliers in the electronics industry. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 182, 1 jul. 2022.

LIU, L.; SONG, W.; LIU, Y. Leveraging digital capabilities toward a circular economy: Reinforcing sustainable supply chain management with Industry 4.0 technologies. **Computers and Industrial Engineering**, v. 178, 1 abr. 2023.

LONG, P. et al. Intelligent selection of healthcare supply chain mode – an applied research based on artificial intelligence. **Frontiers in Public Health**, v. 11, 2023.

MELNYK, S. A. et al. (Re)-discovering simulation as a critical element of OM/SCM research: call for research. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 44, n. 7, p. 1376–1389, 10 jun. 2024.

MISHRA, D. et al. Challenges Facing Artificial Intelligence Adoption during COVID-19 Pandemic: An Investigation into the Agriculture and Agri-Food Supply Chain in India. **Sustainability (Switzerland)**, v. 15, n. 8, 1 abr. 2023.

MOHSEN, B. M. **Developments of Digital Technologies Related to Supply Chain Management**. Procedia Computer Science. **Anais**...Elsevier B.V., 2023.

NASEREDDIN, A. Y. A comprehensive survey of contemporary supply chain management practices in charting the digital age revolution. **Uncertain Supply Chain Management**, v. 12, n. 2, p. 1331–1352, 1 mar. 2024.

NAZ, F. et al. Is artificial intelligence an enabler of supply chain resiliency post COVID-19? An exploratory state-of-the-art review for future research. **Operations Management Research**, v. 15, n. 1–2, p. 378–398, 1 jun. 2022a.

NAZ, F. et al. Reviewing the applications of artificial intelligence in sustainable supply chains: Exploring research propositions for future directions. **Business Strategy and the Environment**, v. 31, n. 5, p. 2400–2423, 1 jul. 2022b.

OH, A. S. Designing smart supplier chain management model under big data and internet of things environment. **International Journal of Recent Technology and Engineering**, v. 8, n. 2 Special Issue 6, p. 290–294, 1 jul. 2019.

PERANO, M. et al. Embracing supply chain digitalization and unphysicalization to enhance supply chain performance: a conceptual framework. **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, v. 53, n. 5–6, p. 628–659, 1 ago. 2023.

PEREIRA, E. T.; SHAFIQUE, M. N. The Role of Artificial Intelligence in Supply Chain Agility: A Perspective of Humanitarian Supply Chain. **Engineering Economics**, v. 35, n. 1, p. 77–89, 26 fev. 2024.

PERETZ-ANDERSSON, E. *et al.* (2024). Artificial intelligence implementation in manufacturing SMEs: A resource orchestration approach. ***International Journal of Information*** *Management*, *77*.

REMONDINO, M.; ZANIN, A. Logistics and Agri-Food: Digitization to Increase Competitive Advantage and Sustainability. Literature Review and the Case of Italy. **Sustainability (Switzerland)**, v. 14, n. 2, 1 jan. 2022.

RUPP, M. *et al.* (2021). **Industry 4.0: A technological-oriented definition based on bibliometric analysis and literature review.** *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *7*(1), 1–20.

RUSCH, M.; SCHÖGGL, J. P.; BAUMGARTNER, R. J. Application of digital technologies for sustainable product management in a circular economy: A review. **Business Strategy and the Environment**, v. 32, n. 3, p. 1159–1174, 1 mar. 2023.

SCHWAB, Klaus. The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. **WOLRD ECONOMIC FORUM**, 2016. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>. Acesso em: 06 set. de 2024.

SHARIFMOUSAVI, M.; KAYVANFAR, V.; BALDACCI, R. **Distributed Artificial Intelligence Application in Agri-food Supply Chains 4.0**. Procedia Computer Science. **Anais**...Elsevier B.V., 2024.

SHARIFPOUR, H. et al. Investigating cause-and-effect relationships between supply chain 4.0 technologies. **Engineering Management in Production and Services**, v. 14, n. 4, p. 22–46, 1 dez. 2022.

SOOD, S. K.; RAWAT, K. S.; KUMAR, D. A visual review of artificial intelligence and Industry 4.0 in healthcare. **Computers and Electrical Engineering**, v. 101, 1 jul. 2022.

TADIĆ, S. *et al.* APPLICATION OF INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES IN HOME DELIVERY: A REVIEW. **Journal of Applied Engineering Science**, v. 21, n. 3, p. 928–939, 2023.

TRAN-DANG, H.; KIM, D. S. The Physical Internet in the Era of Digital Transformation: Perspectives and Open Issues. **IEEE Access**, v. 9, p. 164613–164631, 2021.

WANG, S. Artificial Intelligence Applications in the New Model of Logistics Development Based on Wireless Communication Technology. **Scientific Programming**, v. 2021, 2021.

ZAMANI, E. D. et al. Artificial intelligence and big data analytics for supply chain resilience: a systematic literature review. **Annals of Operations Research**, v. 327, n. 2, p. 605–632, 1 ago. 2023.

ZENG, X.; YI, J. Analysis of the Impact of Big Data and Artificial Intelligence Technology on Supply Chain Management. **Symmetry**, v. 15, n. 9, 1 set. 2023.

ZHANG, Q.; GAO, B.; LUQMAN, A. Linking green supply chain management practices with competitiveness during covid 19: The role of big data analytics. **Technology in Society**, v. 70, 1 ago. 2022.

ZHOU, H. et al. A distributed approach of big data mining for financial fraud detection in a supply chain. **Computers, Materials and Continua**, v. 64, n. 2, p. 1091–1105, 1 jun. 2020.

Biografia do(s) autor(es)

Danielly Soares
Engenheira de Produção pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) e atualmente aluna de Mestrado do Programa de Pós-graduação do departamento de Engenharia de Produção. Com a pesquisa dentro do seguinte tema: Identificação De Relação Entre Indústria 5.0, Eficiência Energética E Sustentabilidade – Revisão De Literatura Pelo Método Prisma.

Marcelo Gonçalves Trentin
Graduado em Engenharia Elétrica (1995), mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia pela Universidade Federal do Paraná - UFPR (2002) e Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (2010). Professor Titular da UTFPR, campus Pato Branco. Professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS). Atua nos cursos de Graduação de Engenharia Mecânica, Engenharia Elétrica e Tecnologia em Manutenção Industrial. Desenvolve trabalhos de pesquisa na área da Eng. de Produção com ênfase em Simulação de Processos, Programação da Produção, Sistemas Lean e Indústria 4.0. Utiliza em suas pesquisa métodos quantitativos para a solução de problemas, previsão de demanda e estatística aplicada. Professor e Coordenador dos Cursos de Especialização em Engenharia de Produção (lato sensu). Membro do Conselho da Editora da UTFPR (2019-2021).

Artigo recebido em: 09/04/2025 e aceito para publicação em: 07/08/2026
DOI: https://doi.org/10.14488/1676-1901.v26i4.5603