

Simulação computacional e big data como inserção tecnológica em processos industriais: uma revisão sistemática da literatura

Computational simulation and big data as technological insertion in industrial processes: a systematic literature review

DOI: 10.34140/bjbv5n2-024

Recebimento dos originais: 05/01/2023

Aceitação para publicação: 31/03/2023

Larissa Aparecida Lopes de Souza

Engenheira de Produção pela Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP

Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP

Campus Universitário Morro do Cruzeiro – Escola de Minas, Bauxita, Ouro Preto-Minas Gerais, Brasil

larissa.souza@aluno.ufop.edu.br

Irce Fernandes Gomes Guimarães

Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG

Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

Campus Universitário Morro do Cruzeiro – Escola de Minas, Bauxita, Ouro Preto-Minas Gerais, Brasil

irce@ufop.edu.br

Helton Cristiano Gomes

Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP

Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

Rua Jorge Caram, 400 Apartamento 201 - Nossa Senhora do Carmo, Ouro Preto – Minas Gerais, Brasil

helton.gomes@ufop.edu.br

Wendel Rodrigues Barbosa

Engenheiro de Produção pelo Centro Universitário do Leste de Minas Gerais - Unileste Minas Gerais

Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP

Rua Guaicurus, 74, ap 504 - Vila Mathilde Vieira, Presidente Prudente - SP, Brasil

wendel.barbosa@aluno.ufop.edu.br

Antônio Augusto Ferreira de Castro

Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP

Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP

Rua Gameleira nº3, Bairro santa clara, Mariana MG - Brasil

antonio.castro@aluno.ufop.edu.br

RESUMO

A inserção na Indústria 4.0 nas organizações se apresenta como um grande diferencial competitivo, proporcionando inúmeros ganhos em termos de produtividade e retorno de investimento. Com a quarta revolução industrial, vários modelos, ideias e tecnologias foram aprimorados. Dentre elas, destacam-se a Big Data e a Simulação. Diante desse conhecimento, foi realizada neste artigo uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), a fim de identificar os tipos de processos industriais que atualmente utilizam o Big Data e a Simulação para análises e decisões. Para tal fim, foram selecionados dezoito artigos da base científica de dados Scopus e realizada uma análise bibliométrica nesses estudos. Com base nas análises foi possível diagnosticar que existe uma tendência de crescimento da disseminação de conhecimento do

tema da pesquisa, o que nos permite acreditar que em breve a utilização dessas tecnologias será realidade em várias indústrias. Nos estudos selecionados para a pesquisa também foi observado que a China se destaca entre os países que investem em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias voltadas a este estudo. Em relação aos processos industriais identificados, foi possível observar que diferentes segmentos da indústria estão aderindo essas tecnologias, sendo a Simulação mais utilizada nestes processos, quando comparada ao Big Data.

Palavras-chave: Big Data, Simulação, Processos industriais, Revisão Sistemática de Literatura.

ABSTRACT

The adoption of Industry 4.0 in organizations presents itself as a great competitive advantage, providing numerous gains in terms of return on investment. With the fourth industrial revolution, various models, ideas, and technologies have been developed, among which Big Data and Simulation stand out. In light of this knowledge, a preliminary Systematic Literature Review (SLR) was carried out in this article to identify the types of industrial processes that currently use Big Data and Simulation for decision analysis. For this purpose, eighteen articles were selected from the Scopus scientific database, and a bibliometric analysis of these studies was carried out. Based on the analysis, it was possible to diagnose that there is a trend of growth in the dissemination of research on this topic, which leads us to believe that the use of these technologies will soon be a reality in various industries. China stands out among the countries that encourage these studies. Regarding the identified industrial processes, it was possible to observe that different segments of the industry are adopting these technologies, with Simulation being more widely used in these processes compared to Big Data.

Keywords: Big Data, Simulation, Industrial Processes, Systematic Literature Review.

1 INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0, também conhecida como quarta revolução industrial, tornou-se conhecida em 2011, na feira de Hannover, na Alemanha, com a proposta de melhorias contínuas em termos de inserção tecnológica, produtividade, modernização e retorno de investimento (SCHWAB, 2016). A quarta revolução industrial proporcionou aos centros industriais a criação de operações tecnologicamente conectadas e autônomas, fábricas inteligentes, onde os sistemas físicos e virtuais de fabricação cooperam entre si, permitindo personalização de produtos e criação de novos modelos operacionais (DA COSTA NETO; DE CAMPOS, 2021). De acordo com Odważny *et al.* (2019), desde 2011, com o surgimento da Indústria 4.0, vários modelos, ideias e tecnologias foram criadas, redesenhadas e aprimoradas. Neste cenário, destaca-se a evolução do Big Data e da Simulação Computacional.

O recurso tecnológico Big Data pode ser interpretado como a capacidade de extrair grande quantidade de dados produzidos e armazenados por empresas ou pessoas e manipular esses dados com Velocidade, Variedade, Volume, Valor e Veracidade, também conhecidos como “5 V” (AMARO e DROZDA, 2019; WANG *et al.*, 2016). Por meio do Big Data é possível fazer o tratamento dos dados e ter uma análise detalhada e confiável das informações, a fim de criar estratégias que aprimorem o desempenho das empresas.

A simulação computacional, segundo Vander da Silva *et al.* (2020), é a projeção de um sistema real ou imaginário, utilizando de modelos físicos ou matemáticos, com o objetivo de analisar cenários dinâmicos e complexos e prever o comportamento futuro em um sistema real. A simulação possibilita projetar processos e produtos simultaneamente e colabora com a redução de custos e o aumento da qualidade de produtos ou processos.

De acordo com Souza e Guimarães (2021), em algumas indústrias, ou pelo menos em parte de alguns processos industriais, já é possível identificar a utilização de Big Data e Simulação e suas evoluções. Schwab (2016) afirma que as indústrias que estão inserindo essas tecnologias em seus processos estão tendo ganhos consideráveis em termos de competência, segurança, tomada de decisões em tempo real, redução de custos, decisões melhores e mais rápidas.

Neste sentido, acredita-se que é fundamental desenvolver pesquisas que apresentem diretrizes para a inserção dessas tecnologias nos meios industriais, bem como apresentar quais estratégias são utilizadas para a formação e atualização dos recursos humanos. Outra informação preciosa para a preparação dos ambientes de trabalho tange ao uso, mudança e adequação das novas tecnologias, como forma de orientar as indústrias para a implantação, investimentos, e inserção de meios como a Big Data e Simulação, visando a análise detalhada dos processos industriais em tempo real.

Dessa forma, a questão que norteia essa pesquisa é: Em quais tipos de processos industriais atuais os recursos tecnológicos Big Data e Simulação já foram implantados e são utilizados para auxiliar na tomada de decisões?

Para buscar respostas para esta questão utilizou-se da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), visando apresentar estudos recentes sobre a inserção do Big data e Simulação em processos industriais. A RSL foi realizada considerando inicialmente as palavras-chave *Big Data, Simulation e industrial processes*, com o objetivo de identificar, por meio das cinco etapas propostas por Sampaio e Mancini (2007), os principais processos industriais que utilizam os recursos tecnológicos Big Data e Simulação e quais dessas tecnologias estão sendo mais utilizada nos processos identificados.

Para apresentação dos resultados, apresenta-se na seção 2 um breve referencial teórico abordando os principais temas do artigo. Na seção 3 apresenta-se os métodos de pesquisa utilizados na Revisão Sistemática da Literatura destacando como foi conduzida a análise bibliométrica do portfólio selecionado. Na seção 4 são detalhados os resultados da pesquisa e suas respectivas análises. Por último, na seção 5 descreve-se as considerações finais e sugestões de estudos futuros.

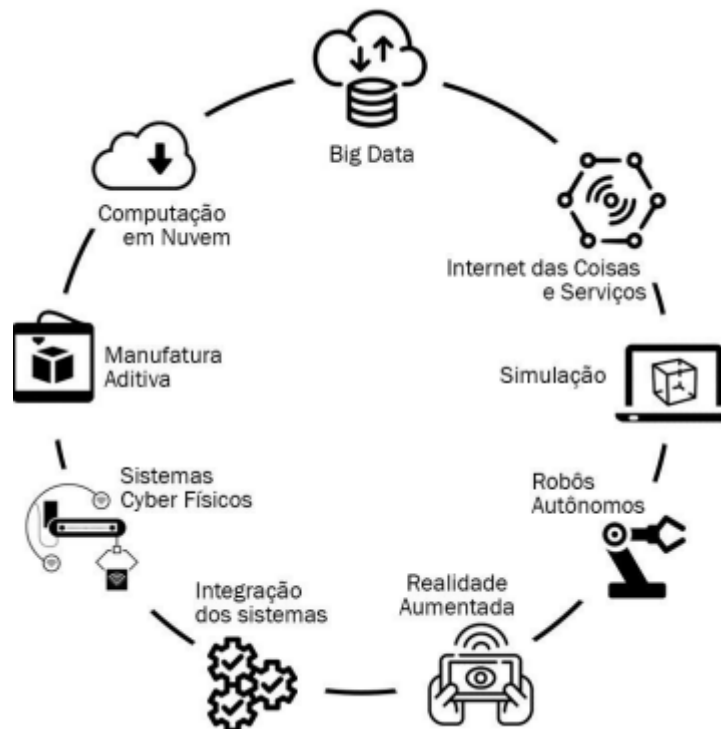
2 REFERENCIAL TEÓRICO

O termo revolução industrial significa uma grande mudança no campo da tecnologia. Desde 1750, com o surgimento da primeira revolução industrial, surgiram inúmeras mudanças no modo de vida do ser humano e nos processos de trabalho. E hoje, com a ocorrência da revolução industrial 4.0 não é diferente.

Temos uma nova fase de progresso tecnológico (ELLITAN, 2020).

Essa era de Indústria 4.0 promoveu um sistema integrado e a disseminação de diversas tecnologias como, por exemplo, Big Data, Simulação, Inteligência Artificial e Internet das coisas (LIMA E GUIMARÃES, 2020). Além disso, de acordo com Natália e Ellitan (2019) as inovações promovidas pela quarta revolução industrial estão presentes em diversos setores como transporte, educação, saúde e economia. Os autores afirmam ainda que, na Indonésia é possível visualizar como ocorreu a inserção da Indústria 4.0 nos mais diversos setores e as grandes mudanças e impactos sentidos pelo mundo e pelos consumidores. De acordo com Muljani e Ellitan (2019), as tecnologias da quarta revolução industrial causam um impacto na vida humana em todo o mundo. Na Figura 1 é possível observar as principais tecnologias da Indústria 4.0 identificadas por Souza (2021).

Figura 1: Principais tecnologias da Indústria 4.0



Fonte: Souza (2021)

O Big Data, segundo Hueso (2019), é uma tecnologia conhecida pela sua capacidade de coleta, análise e armazenamento de grande volume de dados. Boyd e Crawford (2011) alertam que essa tecnologia não representa apenas grandes conjuntos de dados, mas também uma mudança no pensamento computacional. Os autores enfatizam a importância do Big Data para o desenvolvimento da Inteligência Artificial. Eles afirmam que, essas tecnologias em conjunto, permitem gerar padrões dinâmicos de tendências que auxiliam no apoio na tomada de decisões. Pois, permitem conhecer melhor o cliente e o mercado, melhorar a qualidade dos produtos e serviços, ter uma visão estratégica e de negócios, obter novas receitas e agilizar a tomada de decisões.

Hueso (2019), em sua pesquisa, diz que o Big Data é capaz de gerar impactos positivos em diversas áreas como da saúde, da segurança, do transporte, na luta contra mudanças climáticas, redução do consumo de energia e melhorar a eficiência das empresas, oferecendo vantagem competitiva aos processos decisivos da empresa.

A simulação, como o próprio nome sugere, não é necessariamente uma cópia de um processo específico, mas, é uma representação de um processo que, mesmo não existindo, tenha um aspecto que poderia existir (DE SOUZA ARAUJO, 2022).

Segundo Sidiropoulo; Bechtsis e Vlachos (2021), a simulação provoca impactos econômicos diretos, melhorando a eficiência das atividades operacionais e aumentando a produtividade, além de causar impactos ambientais indiretos com redução de utilização de transportes. Já Abideen e Mohamad (2020) ressaltam como impactos positivos: redução de lead time e melhorias em tomadas de decisões.

Lima (2022) apresenta em seu estudo exemplos de aplicações da simulação na logística e os impactos proporcionados pela utilização dessa tecnologia. Já Nadler et al. (2022) reforça a importância da simulação no setor da educação e saúde, apresentando os impactos da tecnologia no ensino de enfermagem. De Souza Araujo (2022) também defende a utilização dessa ferramenta no setor educacional em seus estudos, ressaltando a importância da simulação no processo de aprendizagem.

O IPEA, Instituto de Pesquisa Aplicada, disponibilizou um material, em 2022, intitulado Simulação Computacional Aplicadas à tomada de decisão pública. Esse material teve como objetivo apresentar diversas possibilidades da utilização de simulação em apoio à tomada de decisão de políticas públicas (FURTADO e LASSANCE, 2022).

É notório a aplicabilidade do Big Data e da Simulação em diversos setores, como afirmam Natália e Ellitan (2019) e os grandes impactos que essas tecnologias proporcionam para a vida humana, empresas e órgãos públicos.

3 METODOLOGIA

Nesta seção serão apresentados os métodos utilizados para realização desta pesquisa. O estudo é classificado como uma Revisão Sistemática da Literatura e a questão norteadora da pesquisa é: “Em quais tipos de processos industriais atuais os recursos tecnológicos Big Data e Simulação já foram implantados e são utilizados para auxiliar na tomada de decisões?”. As etapas que nortearam o processo encontram-se no Quadro 1.

Quadro 1: Etapas da Revisão Sistemática

Etapas da pesquisa	Descrição
Etapa 1	Definir a pergunta
Etapa 2	Buscar evidências
Etapa 3	Revisar e selecionar os estudos
Etapa 4	Analisar a qualidade metodológica dos estudos
Etapa 5	Apresentar os resultados

Fonte: Sampaio e Mancini (2007)

Os termos de busca utilizados nesta RSL foram “*Big Data*”, “*Simulation*” e “*industrial processes*” e a base de dados selecionada para realização das buscas foi a Scopus. A pesquisa empregou título do artigo, resumo, palavras-chave.

Inicialmente foram selecionados, através das palavras-chave (termos de busca), documentos publicados entre 2018 e 2022. A partir daí, foram aplicadas as seguintes etapas de classificação dos materiais científicos:

- a) Material científico escrito em inglês;
- b) Documentos que tenha acesso aberto, ou seja, esteja disponível para leitura;
- c) Documento em formato de artigos científicos publicados em revistas indexadas.

As buscas foram realizadas no dia 02 de abril de 2022 e, ao todo, em primeiro momento, foram obtidos 30 artigos. Foram excluídos os estudos que não apresentavam citações, e o total de artigos selecionados para análise foi reduzido a 18.

O método adotado para análise dos artigos selecionados, foi a bibliometria. Segundo Tizotte, Thesing e Gomes (2021), os dados extraídos do estudo bibliométrico podem ser o texto presente na publicação, nome de autores, citações, título e palavra-chave. A finalidade do estudo que determinou como extrair os dados necessários para a pesquisa. A partir da leitura dos documentos, identificou-se os processos industriais que utilizam as tecnologias Big Data e Simulação, em conjunto ou separado, bem como fazer análises do tipo: quais e quantos processos industriais citados fazem uso destas tecnologias e qual das tecnologias estudadas é a mais discutida nos artigos científicos quanto a utilização nos processos industriais, desafios e benefícios.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Na análise dos resultados são apresentadas as percepções das leituras dos materiais selecionados frente aos objetivos da pesquisa.

Apresenta-se inicialmente a relação dos estudos identificados na base de dados Scopus, estes materiais colaboraram para a análise bibliométrica da presente pesquisa. No Quadro 2 são apresentados os títulos, o ano e os autores dos materiais selecionados, bem como, as referências, sinalizadas de A à R, as quais serão utilizadas para citar os referidos materiais científicos encontrados.

Quadro 2 – Artigos selecionados para análise bibliométrica

Título do artigo	Ano de publicação	Autores	Referência
Numerical Study on the Evolution of Mesoscopic Properties and Permeability in Sandstone Under Hydromechanical Coupling Conditions Involving Industrial Internet of Things	2018	CAI <i>et al.</i>	A
On the robustness of the fat-tailed distribution of firm growth rates: a global sensitivity analysis	2018	DOSI; PEREIRA; VIRGILLITO	B
A New Data Processing Architecture for Multi-Scenario Applications in Aviation Manufacturing	2019	WANG <i>et al.</i>	C
Modern day monitoring and control challenges outlined on an industrial-scale benchmark fermentation process	2019	GOLDRICK <i>et al.</i>	D
A Data-Driven Compensation Method for Production Index of Hydrometallurgical Process	2019	LI <i>et al.</i>	E
A Linearization Model of Turbofan Engine for Intelligent Analysis Towards Industrial Internet of Things	2019	GOU <i>et al.</i>	F
Environment 4.0: How digitalization and machine learning can improve the environmental footprint of the steel production processes	2020	COLLA <i>et al.</i>	G
Constructing a Control Chart Using Functional Data	2020	FLORES <i>et al.</i>	H
Lean 4.0: A New Holistic Approach for the Integration of Lean Manufacturing Tools and Digital Technologies	2020	VALAMEDE; AKKARI	I
Open Source Framework for Enabling HPC and Cloud Geoprocessing Services	2020	MONTAÑANA; MARANGIO; HERVÁS	J
Interoperability between Building Information Modelling (BIM) and Building Energy Model (BEM)	2021	BASTOS PORSANI <i>et al.</i>	K
Job Shop Scheduling Based on Digital Twin Technology: A Survey and an Intelligent Platform	2021	YU <i>et al.</i>	L
Manufacturing System and Enterprise Management for Industry 4.0	2021	PUTNIK; ÁVILA	M
The Impacts of the Fourth Industrial Revolution on Smart and Sustainable Cities	2021	GONÇALVES <i>et al.</i>	N
RECLAIM: Toward a New Era of Refurbishment and Remanufacturing of Industrial Equipment	2021	ZACHARAKI <i>et al.</i>	O
Research on Accounting Information Security Management Based on Blockchain	2021	SHAO; ZHANG; WANG	P
Towards high-throughput microstructure simulation in compositionally complex alloys via machine learning	2021	LI <i>et al.</i>	Q
Fusion-Based Supply Chain Collaboration Using Machine Learning Techniques	2022	GHAZAL e ALZOUBI	R

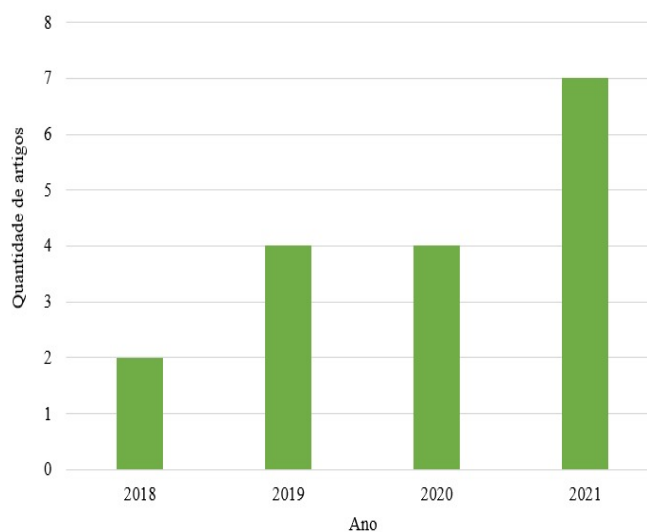
Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

A partir das bibliografias apresentadas no Quadro 2 foi possível abordar nos resultados e análises visões adicionais verificadas nos artigos selecionados.

4.1 ANÁLISES DOS INDICADORES BIBLIOMÉTRICOS

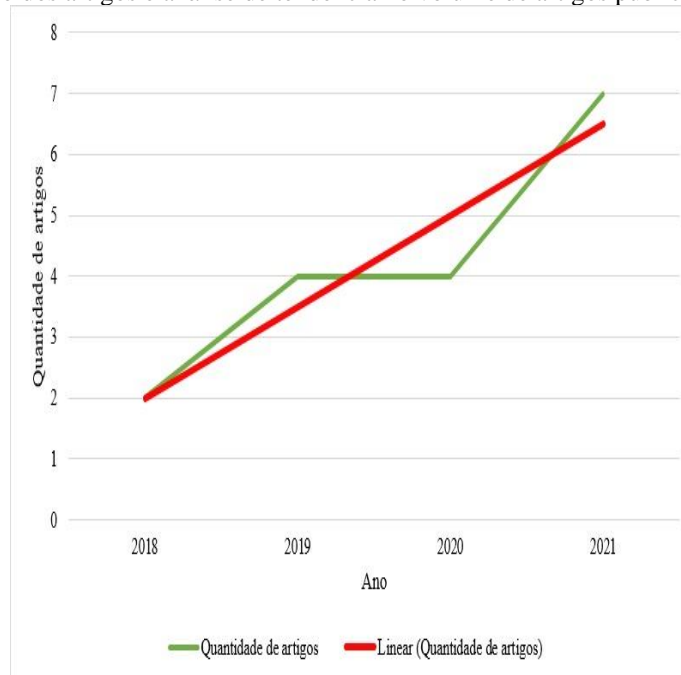
Um dos primeiros pontos considerados na análise dos 18 artigos classificados (Quadro 2) foi o volume de artigos publicados sobre o tema principal da pesquisa entre 2018 e 2022. Observa-se no Gráfico 1 (a) que o número de publicações deste assunto aumentou no decorrer deste período. Essa tendência de crescimento do número de artigos sobre o tema da pesquisa é descrita conforme demonstra o Gráfico 1 (b).

Gráfico 1 (a) - Distribuição dos artigos e análise de tendência no volume de artigos publicados por ano na Scopus



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Gráfico 1 (b) - Distribuição dos artigos e análise de tendência no volume de artigos publicados por ano na Scopus



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

O número de artigos selecionados para a análise da pesquisa foi diferente do esperado. Isso devido à pequena quantidade de estudos anteriores publicados sobre o tema principal da pesquisa, o que pode sinalizar uma necessidade de mais informações sobre a utilização de Big Data e Simulação nos processos industriais. Mas, é importante destacar que, conforme observado no Gráficos 1, esse cenário está mudando ao longo dos anos. Existe uma tendência de crescimento de publicações de artigos que abordam o tema da pesquisa, o que nos permite acreditar que em breve haverá mais resultados do investimento em tecnologias nas organizações, principalmente no tocante a tecnologias da Indústria 4.0, como Big Data, Simulação, manufatura aditiva, *digital twins* e outras.

Analisando as universidades vinculadas ao primeiro autor dos artigos selecionados é possível verificar que existe uma predominância de publicações dos autores chineses, como é possível observar no Quadro 3. Esses dados sugerem que a China pode ter maiores interesses acerca da utilização do Big Data e da Simulação nos processos industriais. Relaciona-se à essa realidade o fato de que a Indústria 4.0 começou a ser aplicada primeiro em países desenvolvidos, como Alemanha, China e Estados Unidos.

Quadro 3- Universidades vinculadas ao primeiro autor dos artigos

Publicação	Universidade	País
A	Huaqiao University	China
B	Scuola Superiore Sant'Anna	Itália
C	University of Electronic Science and Technology of China	China
D	University College London	Inglaterra
E	Northeastern University	Estados Unidos
F	Northwestern Polytechnical University	China
G	Scuola Superiore Sant'Anna	Itália
H	Escuela Politécnica Nacional	Equador
I	Universidade Presbiteriana Mackenzie	Brasil
J	University of Stuttgart	Alemanha
K	University of Navarra	Espanha
L	Northeastern University	China
M	University of Minho	Portugal
N	Universidade do Sul de Santa Catarina	Brasil
O	Information Technologies Institute	Grécia
P	Jiamusi University	China
Q	University of Science and Technology Beijing	China
R	National College of Business Administration and Economics	Paquistão

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

4.2 UTILIZAÇÃO DE BIG DATA E SIMULAÇÃO EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

Em relação à análise de conteúdo dos artigos foi possível identificar se os materiais considerados apresentam processos industriais, quais processos utilizam Big Data e Simulação, em conjunto ou separado, e qual das tecnologias está sendo mais utilizada nos processos identificados. No Quadro 4 apresenta-se as análises realizadas por meio dos conteúdos dos artigos.

Quadro 4 - Processos industriais identificados e tecnologias que estão sendo utilizadas em cada processo

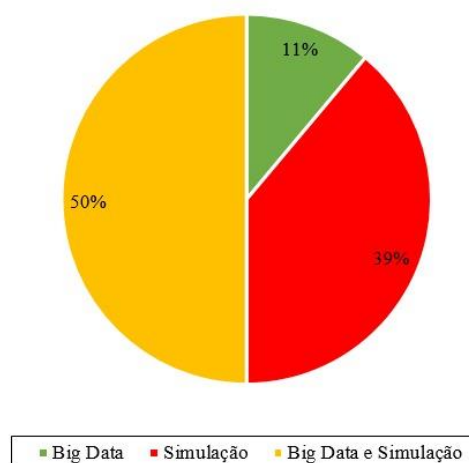
Publicação	Processos industriais	Utiliza Big Data?	Utiliza Simulação?
A	Análise de mecânica de rochas		X
B	Identificação de mercado		X
C	Fabricação de aviação	X	X
D	Monitoramento e controle da fermentação da penicilina		X
E	Lixiviação hidrometalúrgica de ouro	X	X
F	Análise do motor turbofan	X	X
G	Produção de aço	X	X
H	Controle de produção e serviços		X
I	Gestão de processos	X	
J	Geoprocessamento de atividade agrícola	X	
K	Processo de elaboração de projeto de edifícios		X
L	Aplicação de modelo de Agendamento	X	X
M	Gerenciamento	X	X
N	Projeto de implementação de Cidades inteligentes e Cidades Sustentáveis	X	X
O	Reforma e Remanufatura de Equipamentos Industriais	X	X
P	Gerenciamento de segurança da informação contábil	X	X
Q	Simulação de microestrutura de alto rendimento em ligas de composição complexa		X
R	Colaboração da Cadeia de Suprimentos		X

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

É possível observar a utilização das tecnologias nas áreas de planejamento, controle e gestão da produção e em diversos setores industriais.

Em relação às tecnologias, no Gráfico 2 observa-se em porcentagem, os processos que aderem às duas tecnologias conjuntamente, ou cada uma delas separadamente. Nos artigos considerados para análise, é possível observar uma maior aceitação, um maior investimento, para o uso da Simulação.

Gráfico 2 - Quantidade de processos que investem em Big Data e Simulação

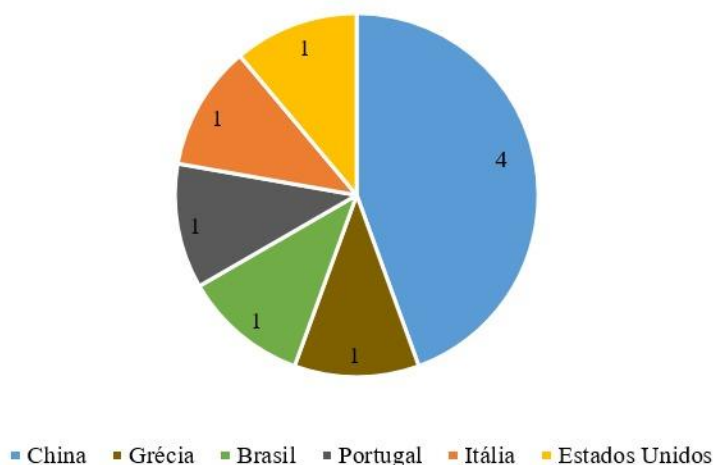


Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Segundo Schwab (2016), a quarta revolução industrial se difere das outras revoluções pela integração e fusão de tecnologias. No Gráfico 2, 50% dos processos industriais identificados utilizam em conjunto as tecnologias Big Data e Simulação, isto pode sinalizar que algumas indústrias já estão aderindo às propostas da Indústria 4.0.

Ao realizar um cruzamento de dados entre as pesquisas que apresentaram integração de tecnologias nos processos industriais relacionadas ao incentivo da adesão da Indústria 4.0 e os países onde estão localizadas as universidades dos primeiros autores dos estudos selecionados, é possível observar uma predominância da China, como é visualizado no Gráfico 3.

Gráfico 3: Países com estudos voltados para integração de tecnologias



Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

De acordo com o que foi informado no Quadro 2 e na análise de integração de tecnologias nos países, visualizadas no Gráfico 3, observa-se que a China lidera pela quantidade de artigos desenvolvidos no assunto estudado e na possibilidade de integração das tecnologias da Indústria 4.0 em processos industriais e divulgação em pesquisas.

4.3 ANÁLISES DOS TRABALHOS FUTUROS INDICADOS NOS ARTIGOS

Em relação à análise dos trabalhos futuros indicados nos artigos, foi possível identificar três pontos: i) as publicações que sugeriram continuidade para o estudo implementando outras tecnologias nos processos, ii) Outras que propuseram utilização das tecnologias para outros processos e iii) publicações que incentivaram estudos onde houvesse uma comparação das tecnologias aplicadas nos processos com outras tecnologias existentes. No Quadro 5 é possível visualizar a relação entre as publicações e os trabalhos futuros.

Quadro 5 - Publicações que sugeriram trabalhos futuros

Sugestões para trabalhos futuros	Publicações																	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Implementação de novas tecnologias nos processos analisados	X					X				X						X		
Utilização de Big Data e Simulação em outros processos						X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Comparação das tecnologias utilizadas com outras existentes																		X
Publicações que não apresentaram propostas futuras	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo foi realizado com o objetivo de identificar em uma base de dados de materiais científicos, processos industriais que estão investindo em Big Data e Simulação. Para tal fim, utilizou-se a metodologia de Revisão Sistemática de Literatura (RSL), na qual utilizou a análise bibliométrica para o tratamento dos dados. Foram considerados 18 artigos publicados na base Scopus entre 2018 e 2022 e considerou-se as palavras-chave, “Big Data”, “Simulation” e “industrial processes”, sendo analisados os seguintes quesitos: evolução do tema no período considerado, país de discussão sobre o tema, processos industriais que utilizam as tecnologias e proposição de estudos futuros.

Foi observado uma tendência de crescimento em relação à publicação de artigos relacionados ao tema de pesquisa. Isso sugere que, com o passar dos anos, as indústrias estão adquirindo mais conhecimentos relacionados aos benefícios proporcionados pelo investimento em tecnologias. Também é possível identificar que em breve a frequência de utilização de Big Data e Simulação será realidade em muitos processos industriais.

Em relação aos países que estão direcionando seus estudos para as tecnologias da Indústria 4.0, em especial o Big Data e a Simulação, observa-se nos materiais selecionados que a China se destaca, pois, seis (6) artigos foram desenvolvidos em universidades Chinesas. Foi possível perceber que outros países desenvolvidos também estão direcionando suas pesquisas para utilização de tecnologias como a Alemanha e os Estados Unidos, e também países em desenvolvimento como o Brasil.

Foram identificados processos industriais de diversos setores que estão investindo em Big Data e Simulação, em conjunto ou separado. Isso sinaliza a flexibilidade e eficiência dessas tecnologias e estimula a utilização destas em busca de processos mais ágeis e seguros. Dentre os materiais que apresentaram uso em conjunto das tecnologias, foi possível observar uma predominância de estudos desenvolvidos na China, mostrando que o país está aderindo, amadurecendo no uso das tecnologias da Indústria 4.0, incentivando a integração de tecnologias e divulgando resultados em relação ao uso nos processos industriais.

Os artigos que apresentaram sugestões para continuidade da pesquisa, em sua maioria, propuseram expansão da utilização das tecnologias em outros processos industriais. Isso nos permite concluir que essas ferramentas podem ser utilizadas em diversos processos e segmentos, principalmente aqueles mais complexos.

Para enriquecer o conteúdo apresentado, os trabalhos futuros podem realizar pesquisas em outras bases de dados, diferentes da Scopus, com o objetivo de encontrar mais conteúdos sobre a utilização de Big Data e Simulação em processos industriais. Além disso, a partir desse estudo é possível incentivar uma indústria a investir na utilização dessas tecnologias em seus processos, e acompanhar os desafios enfrentados pela indústria durante a implementação das tecnologias e os benefícios adquiridos após a implantação.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer à Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio e financiamento durante o desenvolvimento da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABIDEEN, Ahmed; MOHAMAD, Fazeeda Binti. Improving the performance of a Malaysian pharmaceutical warehouse supply chain by integrating value stream mapping and discrete event simulation. **Journal of Modelling in Management**, v. 16, n. 1, p. 70-102, 2021.

AMARO, Débora Pelanda; DROZDA, Fabiano Oscar. Aplicação de Big Data em inovações para a logística e gestão da cadeia de suprimentos: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Produção Industrial & Serviços**, v. 6, n. 2, p. 20-29, 2019.

BASTOS PORSANI, G. DEL VALLE de LERSUNDI, K., SÁNCHEZ-OSTIZ GUTIÉRREZ, A., e FERNÁNDEZ BANDERA, C. Interoperability between building information modelling (BIM) and building energy model (BEM). **Applied Sciences**, v. 11, n. 5, p. 2167, 2021. **Ref K**

BOYD, Danah; CRAWFORD, Kate. Six provocations for big data. In: **A decade in internet time: Symposium on the dynamics of the internet and society**. 2011.

CAI, Yanyan; CHEN, X., YU, J., e ZHOU, J. Numerical study on the evolution of mesoscopic properties and permeability in sandstone under hydromechanical coupling conditions involving industrial internet of things. **IEEE Access**, v. 6, p. 11804-11815, 2018.- **Ref A**

COLLA, Valentina; PIETROSANTI, C., MALFA, E., e PETERS, K. Environment 4.0: How digitalization and machine learning can improve the environmental footprint of the steel production processes. **Matériaux & Techniques**, v. 108, n. 5-6, p. 507, 2020. **Ref G**

DA COSTA NETO, Luiz Gonzaga; DE CAMPOS, Fernando Celso. Oportunidades de aplicações de Business Intelligence no contexto da Indústria 4.0: Revisão Sistemática da Literatura 2015-2020. **Exacta**, 2021. **Ref B**

DE SOUZA ARAÚJO, Jorge. USO DA SIMULAÇÃO COMO FERRAMENTA AUXILIAR NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM: RELATO DE UMA EXPERIÊNCIA NO CURSO DE ADMINISTRAÇÃO. **Revista Cadernos de Negócios**, v. 1, n. 2, 2022.

DOSI, Giovanni; PEREIRA, Marcelo C.; VIRGILLITO, Maria Enrica. On the robustness of the fat-tailed distribution of firm growth rates: a global sensitivity analysis. **Journal of Economic Interaction and Coordination**, v. 13, n. 1, p. 173-193, 2018.

ELLITAN, Lena. Competing in the era of industrial revolution 4.0 and society 5.0. **Jurnal Maksipreneur: Manajemen, Koperasi, dan Entrepreneurship**, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2020.

FLORES, Miguel; NAYA, S., FERNÁNDEZ-CASAL, R., ZARAGOZA, S., RAÑA, P., e TARRÍO-SAAVEDRA, J. Constructing a control chart using functional data. **Mathematics**, v. 8, n. 1, p. 58, 2020. **Ref H**

FURTADO, Bernardo Alves; LASSANCE, Antonio. Simulações computacionais aplicadas à tomada de decisão pública. 2022.

GHAZAL, T. M; e ALZOUBI, H. M. Fusion-based supply chain collaboration using Machine Learning Techniques. **Intelligent Automation & Soft Computing**, 2022. **Ref R**

GOLDRICK, Stephen; DURAN-VILLALOBOS, C. A., JANKAUSKAS, K., LOVETT, D., FARID, S. S., e LENNOX, B. Modern day monitoring and control challenges outlined on an industrial-scale

benchmark fermentation process. **Computers & Chemical Engineering**, v. 130, p. 106471, 2019. **Ref D**

GONÇALVES, Gabrielli do Livramento; NEIVA, S. D. S., DEGGAU, A. B., DE OLIVEIRA VERAS, M., CECI, F., DE LIMA, M. A., e DE ANDRADE GUERRA, J. B. S. O. The Impacts of the Fourth Industrial Revolution on Smart and Sustainable Cities. **Sustainability**, v. 13, n. 13, p. 1-21, 2021. **Ref N**

GOU, Linfeng; ZENG, X., WANG, Z., HAN, G., LIN, C., e CHENG, X. A linearization model of turbofan engine for intelligent analysis towards industrial Internet of Things. **IEEE Access**, v. 7, p. 145313-145323, 2019. **Ref F**

HUESO, Lorenzo Cotino. Riesgos e impactos del Big Data, la inteligencia artificial y la robótica: enfoques, modelos y principios de la respuesta del derecho. **Revista general de Derecho administrativo**, n. 50, p. 1-37, 2019.

LI, Kang; WANG, F., HE, D., e ZHAO, L. A data-driven compensation method for production index of hydrometallurgical process. **IEEE Access**, v. 7, p. 50573-50580, 2019. **Ref E**

LI, Yue; HOLMEDAL, B., LIU, B., LI, H., ZHUANG, L., ZHANG, J., ... e XIE, J. Towards high-throughput microstructure simulation in compositionally complex alloys via machine learning. **Calphad**, v. 72, p. 102231, 2021. **Ref Q**

LIMA, Luciano. Application of Simulation Technology in Warehousing: An overview: Aplicação da Tecnologia de Simulação na Armazenagem: Uma visão geral. 2022

LIMA, Felipe Lobo Siqueira; GUIMARÃES, Irce Fernandes Gomes. Indústria 4.0, Made in China 2025 e perspectivas do Brasil para a Manufatura Inteligente: Uma análise preliminar entre três planejamentos e principais conceitos em duas fontes de publicação da engenharia de produção. **Gestão da Produção em Foco v. 43**, 2020

MONTAÑANA, José Miguel; MARANGIO, Paolo; HERVÁS, Antonio. Open source framework for enabling hpc and cloud geoprocessing services. **AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics**, v. 10, n. 665-2021-552, p. 61-76, 2020. **Ref J**

Muljani, N. & Ellitan, L. (2019). Developing Competitiveness in Industrial Revolution 4.0. **International Journal of Trend in Research and Development**, 6(5), 1–3.

NADLER, Camila Farinati et al. O impacto da simulação clínica de alta fidelidade no ensino de enfermagem pediátrica: estudo experimental. **Texto & Contexto-Enfermagem**, v. 31, 2022.

Natalia, I. & Ellitan, L. (2019). Strategies to Achieve Competitive Advantage in Industrial Revolution 4.0. **International Journal of Research Culture Society**, 3(6), 10–16.

ODWAŻNY, Filip; WOJTKOWIAK, D., CYPLIK, P., e ADAMCZAK, M. Concept for measuring organizational maturity supporting sustainable development goals. **LogForum**, v. 15, n. 2, 2019.

PUTNIK, Goran D.; ÁVILA, Paulo S. Manufacturing system and enterprise management for Industry 4.0: Guest editorial. **FME Transactions**, v. 49, n. 4, p. 769-772, 2021. **Ref M**

SAMPAIO, Rosana Ferreira; MANCINI, Marisa Cotta. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 11, p. 83-89, 2007

SCHWAB, Klaus. A quarta revolução industrial. Tradução de Daniel Moreira Miranda. São Paulo:

Edipro, 2016.

SHAO, Huaqing; ZHANG, Zongli; WANG, Bin. Research on Accounting Information Security Management Based on Blockchain. **Mobile Information Systems**, v. 2021, 2021. **Ref P**

SIDIROPOULOS, Vasileios; BECHTSIS, Dimitrios; VLACHOS, Dimitrios. An augmented reality symbiosis software tool for sustainable logistics activities. **Sustainability**, v. 13, n. 19, p. 10929, 2021.

SOUZA, Larissa Aparecida Lopes; GUIMARÃES, Irce Fernandes Gomes. A Indústria 4.0 em empresas sediadas no Brasil: perspectivas e desafios. **XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2021.

SOUZA, Larissa Aparecida Lopes. **Desafios das empresas frente aos princípios das smart factors : uma análise em um grupo de empresas sediadas no Brasil**. 2021.87 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

TIZOTTE, Tiago Rodrigo Lutzer; THESING, Nelson José; GOMES, Fabiana Baptista Meurer. Análise bibliométrica dos artigos da base de dados da Scopus sobre a Produção Científica Brasileira da Covid-19 Bibliometric analysis of articles from the Scopus Database on the Brazilian Scientific Production of Covid-19. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p. 73457-73474, 2021.

VALAMEDE, Luana Sposito; AKKARI, Alessandra Cristina Santos. Lean 4.0: A new holistic approach for the integration of lean manufacturing tools and digital technologies. **International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences**, v. 5, n. 5, p. 851-868, 2020. **Ref I**

VANDER DA SILVA, L., LUIZ KOVALESKI, J., E NEGRI PAGANI, R. Influências do conceito e das tecnologias da indústria 4.0 no ambiente industrial. **Exacta**, v. 18, n. 2, p. 420-437, 2020.

WANG, G; GUNASEKARAN, A; NGAI, E. W; e PAPADOPOULOS, T. Big Data analytics in logistics and supply chain management: Certain investigations for research and applications. **International journal of production economics**, v. 176, p. 98-110, 2016.

WANG, Wei; FAN, Lei; HUANG, Pu e LI, Hai. A new data processing architecture for multi-scenario applications in aviation manufacturing. **Ieee Access**, v. 7, p. 83637-83650, 2019. **Ref C**

YU, Haifei; HAN, Songjian; YANG, Dongsheng; WANG, Zhiyong e FENG, Wei. Job shop scheduling based on digital twin technology: A survey and an intelligent platform. **Complexity**, v. 2021, 2021. **Ref L**

ZACHARAKI, Angeliki; VAFEIADIS, Thanasis; KOLOKAS, Nikolaos; VAXEVANI, Aikaterini; XU, Yuchun; PESCHL, Michael; LOANNIDIS, Dimosthenis e TZOVARAS, Dimitrios. RECLAIM: Toward a new era of refurbishment and remanufacturing of industrial equipment. **Frontiers in Artificial Intelligence**, p. 101, 2021. **Ref O**