

MIKAELLY ANDRADE DA SILVA

Indústria 4.0: uma análise bibliométrica

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
CURSO DE ADMINISTRAÇÃO

BANANEIRAS-PB
2024

MIKAELLY ANDRADE DA SILVA

Indústria 4.0: uma análise bibliométrica

Artigo apresentado à Coordenação de Curso de Graduação em Administração da Universidade Federal da Paraíba, em atendimento às exigências para obtenção do Grau de Bacharel em Administração.

Orientador(a): Prof.^a Camila Cristina Rodrigues Salgado, Doutora.

BANANEIRAS-PB

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

55861 Silva, Mikaelly Andrade da.
Indústria 4.0: uma análise bibliométrica / Mikaelly
Andrade da Silva. - Bananeiras, 2024.
24 f. : il.

Orientação: Camila Cristina Rodrigues Salgado
Salgado.

TCC (Graduação) - UPPB/ccsa.

1. Indústria 4.0. 2. Análise bibliométrica. 3.
Produção científica. I. Salgado, Camila Cristina
Rodrigues. II. Título.

UPPB/CHEA-CHÃ

CDU 658 (042)

MIKAELLY ANDRADE DA SILVA

Indústria 4.0: uma análise bibliométrica

Artigo julgado e aprovado em 14 / 10 / 2024

Comissão Examinadora

Documento assinado digitalmente
 **CAMILA CRISTINA RODRIGUES SALGADO**
Data: 21/10/2024 10:22:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Camila Cristina Rodrigues Salgado, Doutora.

Orientadora

Documento assinado digitalmente
 **DANILO RAIMUNDO DE ARRUDA**
Data: 21/10/2024 10:29:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^o Danilo Raimundo de Arruda, Doutor.

Examinador

BANANEIRAS-PB

2024

AGRADECIMENTOS

Ao Deus da minha vida, ao homem que me deu a capacidade de escrever e sonhar, um Galileu que pagou e sofreu por uma dívida que não era sua, para limpar o meu nome. Sem Ele não haveria eu e nada faria sentido.

Aos meus pais, Maria Andrade e João Crisortomo, por todo empenho e por tanto trabalho debaixo do sol, que me permitiu chegar até aqui, na sombra.

À minha irmã, Mikelly Andrade, por ser minha melhor amiga, confidente e por me incentivar em minha vida acadêmica.

Às minhas tias, Célia e Gorete, por torcerem tanto por mim e por serem presentes em todos os momentos.

Ao meu namorado, Marcus Thulio, por ser meu incentivo diário, meu companheiro de todas as horas, por seu amor doado diariamente e por lutar minhas batalhas comigo.

À minha orientadora, Camila Cristina, por toda orientação, dedicação e apoio na realização deste trabalho.

As minhas amigas, Anna Carolina, Sufia, Maria Rita e Maraíza, obrigada por trazerem leveza durante os anos que passamos juntas no ambiente acadêmico.

Indústria 4.0: uma análise bibliométrica

Resumo

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar a produção científica sobre a indústria 4.0 através de uma análise bibliométrica, fazendo assim uma análise quantitativa dos artigos, utilizando variados critérios. Ademais, esta pesquisa utilizou a plataforma Scielo como base de dados principal, extraindo conceitos e dados importantes sobre o tema. Em termos metodológicos, foram analisados 30 artigos, e a análise foi composta por duas etapas: Autoria e Afiliação e Referências Bibliográficas. Os resultados indicaram que a maior parte dos artigos foram publicados nos últimos cinco anos, com maior predominância das regiões Sul e Sudeste do Brasil. Além disso, as referências bibliográficas foram em sua predominância internacional, o que evidencia a globalização do tema. A pesquisa forneceu uma visão abrangente da produção científica sobre a indústria 4.0, destacando seus principais autores e obras, embora tenha se limitado apenas a uma única base de dados. O estudo sugere uma realização de estudos futuros em outras plataformas para que se possa explorar novas abordagens no tocante à indústria 4.0.

Palavras-chave: Indústria 4.0; Análise bibliométrica; Produção científica; Scielo.

Industry 4.0: a bibliometric analysis

Abstract

The general objective of this study was to evaluate the scientific production on Industry 4.0 through a bibliometric analysis, thus making a quantitative analysis of the articles, using various criteria. Furthermore, this research used the Scielo platform as the main database, extracting important concepts and data on the subject. In methodological terms, 30 articles were analyzed, and the analysis consisted of two stages: Authorship and Affiliation and Bibliographic References. The results indicated that most of the articles were published in the last five years, with a greater predominance of the South and Southeast regions of Brazil. In addition, the bibliographic references were predominantly international, which highlights the globalization of the subject. The research provided a comprehensive view of the scientific production on Industry 4.0, highlighting its main authors and works, although it was limited to only a single database. The study suggests that future studies be carried out on other platforms so that new approaches regarding Industry 4.0 can be explored.

Keywords: Industry 4.0; Bibliometric analysis; Scientific production; Scielo..

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
3. ASPECTOS METODOLÓGICOS	13
4. RESULTADOS	15
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

A história evidenciada, no tocante ao desenvolvimento industrial, foi uma trajetória marcada pela transformação e adaptação às constantes demandas em evolução da sociedade. Segundo Cordeiro, Reis e Fernandes (2023), estas transformações ao longo do tempo foram sucedidas pela primeira revolução industrial, que ocorreu na Europa e se estabeleceu pela instalação de produções mecânicas, pelo surgimento das máquinas a vapor, da mecanização e da energia hidráulica. Já a segunda revolução industrial foi marcada pela eletrificação e pela divisão do trabalho, estabelecendo o taylorismo criado por Taylor, assim como pelo início das linhas de montagem e produção em série propostas por Henry Ford. Já a terceira revolução industrial ou “revolução digital”, se desenvolveu de acordo com o avanço da informação tecnológica e a automação na produção.

A quarta revolução industrial, também chamada de Indústria 4.0, faz referência às mudanças tecnológicas oriundas de inovações, muitas ainda em desenvolvimento, que inclinam-se para alterar de forma significativa os processos organizacionais na produção, permitindo processos interconectados e autônomos. Segundo Lima e Gomes (2020), utilizando algumas tecnologias interdependentes a indústria 4.0 emprega alguns métodos tecnológicos no setor industrial, agrupados em: físicos (veículos autônomos, impressão 3D ou manufatura aditiva, robótica avançada, novos materiais, entre outros), digitais (*Internet of things - IOT*), *big data* e a tecnologia *blockchain*) e biológicos (biotecnologia e genética). Em síntese, essas aplicações nos processos de manufatura podem ser conhecidas como “indústria 4.0”.

A implementação desses métodos no âmbito da indústria 4.0 trazem diversas vantagens, porém, em termos conceituais, ainda enfrenta alguns desafios. Apesar de os benefícios que a adoção de tecnologias da indústria 4.0 podem representar, essas tecnologias ainda não foram definidas adequadamente (CORDEIRO; REIS; FERNANDES, 2023). Portanto, integrar todas as tecnologias aplicadas na indústria 4.0 para a compreensão de seus respectivos conceitos e impactos nos processos industriais, requer uma análise ampla, exploratória e acumulativa.

Diante deste contexto, torna-se evidente o desafio de encontrar um conceito claro sobre indústria 4.0, uma vez que a temática encontra-se ainda em seu desenvolvimento. Além disso, torna-se desafiador estabelecer uma descrição estática e abrangente que estipule todas as suas dimensões e aplicações. No entanto, a disseminação do conhecimento sobre a temática, encontra apoio nas bases de dados que servem como um acervo de informações e estudos atualizados sobre o tema.

Sobre isso, sabe-se que as bases são responsáveis por fornecer informações que abrangem fontes em algumas tipologias, como: artigos de periódicos, relatórios governamentais, cartas, relatórios técnicos; anais de eventos, *papers*, monografias, publicações especiais e teses (VALENTIM, 2001). O acesso a essas informações permite que pesquisadores mantenham-se atualizados sobre os avanços, direções e melhores abordagens.

As bases de dados eletrônicas são ferramentas promotoras da troca de conhecimento entre os pesquisadores, de forma a proporcionar novas possibilidades de desenvolvimento científico e tecnológico (RAVELLI *et al.*, 2009). Neste contexto, destaca-se a plataforma Scielo (*Scientific Electronic Library Online*) que é uma das maiores bases de dados de acesso aberto do mundo. Trata-se de um modelo de biblioteca eletrônica de artigos científicos na internet, que abarca publicações nacionais de acesso aberto de todas as áreas do conhecimento (STUEBER; SILVEIRA; TEIXEIRA, 2020). Ao fornecer uma plataforma aberta e gratuita, a Scielo contribui para a democracia, o conhecimento acadêmico e o progresso científico como um todo.

Uma perspectiva que contribui de forma expressiva para o alcance de insights valiosos no meio científico, promovendo um alcance de impactos e tendências na elaboração de estudos científicos é a pesquisa bibliométrica. Essa técnica consiste em análise quantitativa das publicações científicas para a elaboração de avaliação qualitativa do número de publicações, a disseminação do conhecimento, as técnicas e tecnologias adotadas para a resolução de problemas das pesquisas em determinada área científica, os padrões de autoria das publicações, dentre outros (LIMA; GOMES, 2020).

Segundo Santos (2003), seu principal objetivo é validar pesquisas, levando em consideração fatores de impacto dos periódicos, como por exemplo o número de artigos encontrados sobre a temática. Além disso, contribui também para a identificação de lacunas das emergentes áreas de pesquisa e oferece dados precisos sobre a produção de estudos. Determinando sua relevância, os estudos bibliométricos vem contribuindo para o desenvolvimento científico e avanço das bases de dados.

Logo, o presente trabalho se propõe a realizar uma análise bibliométrica da produção científica sobre a Indústria 4.0 disponível na *Scientific Electronic Library Online* (Scielo), a principal biblioteca digital da América Latina. Busca-se, de forma geral, identificar e apresentar as tendências de pesquisas, fornecendo uma compreensão ampla e atual sobre esta temática emergente.

Ainda, é válido salientar que, além desta seção introdutória, as seções adicionais que contemplam este estudo estão dispostas da seguinte forma: inicialmente, contempla-se a

compreensão teórica sobre as temáticas acerca da indústria 4.0; em seguida, são analisados descritivamente o método e resultados obtidos; e por fim, são tecidas as considerações finais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Desde o século XVIII, nota-se um crescente desenvolvimento no setor industrial, um dos principais marcos no que se refere à revolução da humanidade. Segundo Cordeiro, Reis e Fernandes (2023), a primeira revolução industrial aconteceu nos séculos XVIII e XIX e foi demarcada pelo surgimento das máquinas a vapor, da energia hidráulica e da mecanização. Ainda segundo autores, a segunda revolução industrial, na segunda metade do século XIX, sucedeu a produção em série nos Estados Unidos, estabelecida por Henry Ford e posteriormente, a terceira revolução industrial na segunda metade do século XX é demarcada pelo surgimento da eletrônica, robótica, surgimento dos computadores, surgimento da tecnologia da informação e automação dos processos de fabricação.

A quarta revolução industrial ou Indústria 4.0, ganhou notoriedade na Alemanha na Feira Industrial de Hannover em 2011 e no Fórum Econômico Mundial em Davos, que ocorreu em 2016. Nesta oportunidade, buscou-se implementar atividades industriais bem-sucedidas, trazendo um cenário no qual os colaboradores tenham competências necessárias para tornar mais eficiente o setor produtivo. Segundo Sony (2018), utilizando automação tecnológica, a indústria 4.0 está ganhando visibilidade nas indústrias de manufatura, utilizando as principais tecnologias para a formação de seus pilares: Computação em Nuvem (*Cloud Computing*), Internet das Coisas (IoT), Sistemas Ciber Físicos (*Cyber Physical Systems*), inteligência artificial (IA), análise de *big data* e outras tecnologias emergentes.

A indústria 4.0 busca criar processos produtivos inteligentes e totalmente interdependentes, onde máquinas, sistemas e processos são vinculados, e juntos, tornam-se capazes de tomar decisões autônomas. Isso permite, uma produção mais eficiente, adaptável e personalizada, acarretando na otimização dos processos e conseqüentemente na diminuição dos custos. Segundo Rossini *et al.* (2019), a indústria 4.0 é caracterizada por informações modernizadas e tecnologias de comunicação, onde produtos, máquinas e processos podem se interconectar, permitindo o estabelecimento do conceito de "fábrica inteligente".

De acordo com a análise de Magomadov (2020), a Internet das Coisas (IoT) é uma das tecnologias mais importantes oferecidas pela Indústria 4.0. Trata-se de um fenômeno tecnológico promissor, transformando de forma significativa os processos na indústria. O objetivo principal da IoT é transformar a indústria em etapas de instrumentos de computação

conectados entre si e sensores, trazendo a possibilidade de implementar a Inteligência Artificial (IA) no âmbito produtivo.

Segundo Al- Fuqaha *et al.* (2015), a IoT permite que objetos físicos vejam, ouçam, pensem e realizem trabalhos, fazendo com que eles conversem entre si. A IoT transforma esses objetos de tradicionais em inteligentes, explorando suas tecnologias subjacentes, como computação ubíqua e difusa, dispositivos incorporados, tecnologias de comunicação, redes de sensores, protocolos e aplicativos da Internet.

Como evidenciou Kang *et al.* (2016), a indústria 4.0 está sendo impulsionada não apenas para o estabelecimento de fábricas inteligentes, mas para oito principais tarefas, sendo elas:

- a) Padronização e arquitetura de referência: criar padrões e protocolos comuns para facilitar a compatibilidade entre os sistemas e dispositivos;
- b) Gerenciamento de sistemas complexos: coordenar e controlar os sistemas interconectados;
- c) Ampliação da infraestrutura de banda larga para a indústria: utilização de conexões de alta velocidade e baixo atraso para aprimorar a comunicação entre os dispositivos, máquinas e sistemas;
- d) Segurança: proteção dos sistemas, dados e operações, a fim de banir ameaças cibernéticas, físicas e operacionais;
- e) Organização e design do trabalho: otimização da eficiência, a produtividade e a satisfação dos colaboradores;
- f) Fornecimento de treinamento e desenvolvimento pessoal contínuo: capacitar os trabalhadores, para obterem habilidades necessárias para operar e gerenciar as tecnologias e sistemas avançados na produção;
- g) Regulamentação dos processos: aplicação de diretrizes, normas e leis para garantir a segurança, qualidade e a ética através dos trâmites burocráticos;
- h) Aumento da eficiência dos recursos: utilização otimizada de materiais, energia, tempo e outros recursos, através da implementação das tecnologias avançadas.

Neste segmento, como destacado por Lasi *et al.* (2014), as principais características da Indústria 4.0 são: Individualização (produtos de acordo com o pedido do cliente); Descentralização (decisão rápida para atender o mercado); Eficiência dos recursos (foco na sustentabilidade para combater a escassez e aumento de preços dos recursos); Ciclo de vida

mais curto dos recursos (inovação) e Aperfeiçoamento dos computadores para serem melhores e mais compactos.

Lee, Kao e Yang (2014), afirmam que um dos principais focos da Indústria 4.0 é a personalização em massa com o custo mínimo de produção, conseguido através da inovação, custos mais baixos, melhores respostas para as necessidades dos clientes, soluções ótimas, sistemas inteligentes e alternativas para a demanda da produção que são permitidos pelos recentes avanços da digitalização industrial e da Internet integrando o mundo físico e virtual.

Considera-se, portanto, que a indústria 4.0 é análoga a um modelo de processo produtivo mais sustentável para as indústrias, uma vez que, as tecnologias utilizadas para sua execução reduzem os desperdícios de recursos, minimizando o impacto ambiental. Além da redução de custos na produção, ela desenvolve uma gestão operacional mais precisa, onde as tecnologias utilizadas colaboram para um modelo de produção mais limpo e sustentável. Segundo a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (2017), estima-se que, ao migrar a indústria brasileira para o conceito 4.0, haverá uma redução anual de custos industriais de, no mínimo, R\$ 73 bilhões. Isso envolve benefícios de eficiência e redução de custos de manutenção e consumo de energia.

A aplicabilidade de tecnologias dentro dos processos produtivos tem como principal objetivo a otimização de tarefas maquinarias, entregando mais eficiência para o setor produtivo. Segundo Low, Gao e Ng (2019), em virtude das tecnologias implementadas dentro dos meios da produção, a inclinação é que novas tecnologias sejam vinculadas, provendo assim, um sequencial de evoluções tecnológicas para os processos. Seguindo essa ideia, identifica-se que a revolução a ser conduzida pela Indústria 4.0 é uma revolução irreversível, que amplia os valores à fabricação, ao produto e a uma produção mais sustentável.

3. ASPECTOS MÉTODOLÓGICOS

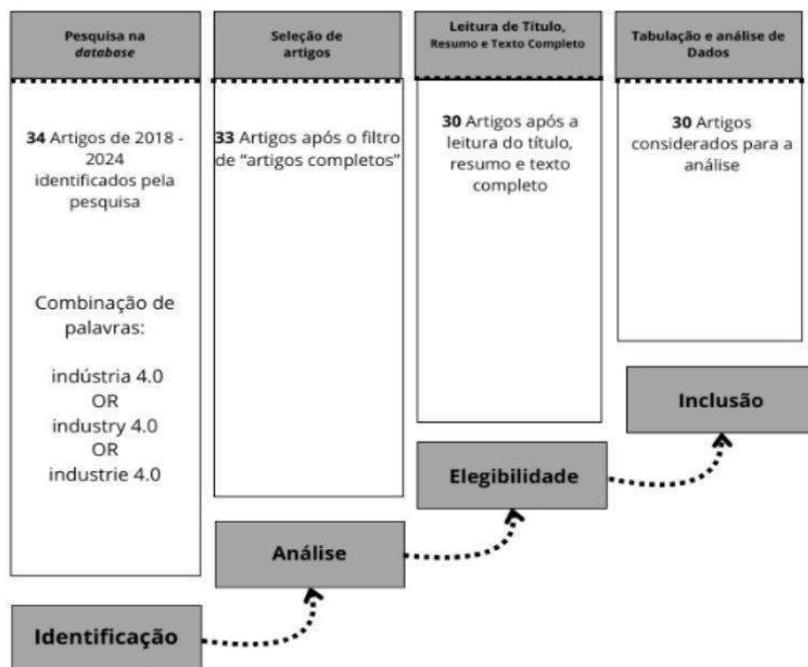
Este trabalho tem o objetivo de analisar a produção científica sobre a indústria 4.0 disponível na base de dados *Scientific Electronic Library Online* (Scielo), que é a principal biblioteca digital da América Latina. Para isso, baseia-se em uma pesquisa exploratório-descritiva, onde elabora-se uma análise aprofundada dos dados gerando *insights* e parte-se para uma revisão sistemática, evidenciando as principais características observadas. A pesquisa exploratório-descritiva possui características de observar, classificar e descrever fenômenos (DURAN; TOLEDO, 2011).

Como meio de investigação, este estudo estrutura-se como pesquisa bibliométrica. Segundo Lima e Gomes (2020), o estudo bibliométrico consiste na análise quantitativa dos

trabalhos científicos, para que em seguida, ocorra a elaboração qualitativa do número de publicações, como também, a análise de ampliação do conhecimento, técnicas e tecnologias utilizadas, padrões de autoria dos artigos, dentre outras análises, acerca do tema estudado evidenciando suas principais semelhanças e resultados.

Ademais, o sequencial para a coleta dos dados analisados neste trabalho se deu na plataforma Scielo, onde foi iniciado com a definição do tema e do objetivo proposto, para que em seguida fosse possível formular as palavras-chave. Também, foi utilizada a função “busca avançada” na plataforma utilizando o termo operador booleano “OR” entre as palavras-chave “indústria 4.0”, “Industry 4.0” e “Industrie 4.0”. Além disso, foram utilizados os filtros de critérios disponíveis na base de dados, para que se analisasse somente artigos completos. Então, observou-se critérios como, resumo, título e palavras-chave. A sequência de passos para a coleta dos trabalhos está apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Sequência de passos para a coleta de artigos



Fonte: Adaptado de Frazão *et al.* (2018).

Para a análise, será considerada a estrutura de Salgado e Aires (2015), bem como os estudos de Wang *et al.* (2012) e Vitorino Filho *et al.* (2012), que incluem:

1. Autoria e Afiliação
 - a) Ano de publicação dos artigos;

- b) Número de autores por artigo;
- c) Autores com maior número de artigos;
- d) Titulação dos primeiros autores;
- e) Instituições com mais artigos;
- f) Distribuição da produção dos artigos por região geográfica.

2. Referências Bibliográficas

- a) Tipos de referências bibliográficas;
- b) Autores mais citados nos artigos;
- c) Referências bibliográficas (obras) mais citadas;

Vale salientar que para a coleta, estruturação e análise dos dados, utilizaram-se planilhas eletrônicas no *software* Microsoft Office Excel 2016.

4. RESULTADOS

Nesta seção, serão apresentados os resultados obtidos na contagem de cada critério bibliométrico utilizado no método adotado nesta pesquisa, fazendo a contagem total e apresentando o percentual dos resultados quantitativos.

Em primeiro lugar, tem-se a Tabela 1, onde identifica-se o ano de publicação dos artigos analisados, na qual se destacam os anos de 2020 e 2023, que tiveram mais artigos publicados. O resultado apresentado na tabela considera que os estudos acerca da indústria 4.0 tratam-se de temas emergentes e atuais, uma vez que essas pesquisas foram publicadas nos últimos 5 anos.

Tabela 1 - Ano de publicação dos artigos

Ano	Quantidade de artigos	%
2019	1	8,33%
2020	9	30,00%
2021	4	13,33%
2022	7	23,33%
2023	8	26,67%
2024	1	3,33%
Total	30	100,00%

Fonte: Elaboração própria (2024).

Já no que se refere a quantidade de autores por artigo, percebe-se, conforme Tabela 2, que a maioria dos artigos foi escrita por grupos de 2 a 5 autores, o que sugere uma boa colaboração entre os pesquisadores. Isso também demonstra a complexidade dos temas explorados, em que as perspectivas dos autores são de extrema importância para uma análise abrangente e completa.

Tabela 2 - Número de autores por artigo

Nº de Autores	Nº de Artigos	%
1	1	3,33%
2	11	36,67%
3	6	20,00%
4	6	20,00%
5	5	16,67%
6	1	3,33%
Total	30	100%

Fonte: Elaboração própria (2024).

A Tabela 3 evidencia que a produção científica sobre a Indústria 4.0 ainda está dispersa entre vários pesquisadores, com destaque para Jorge Muniz Junior. Dos 30 artigos analisados, apenas 4 autores tiveram participação em mais de um artigo.

Tabela 3 - Autores com maior número de artigos

Autores	Quantidade de artigos
MUNIZ JUNIOR, Jorge	3
LIMA, Faíque Ribeiro	2
GOECKS, Lucas Schmidt	2
WINTERSBERGER, Daniel	2

Fonte: Elaboração própria (2024).

A Tabela 4 mostra diferentes perspectivas acerca das titulações dos autores nos artigos analisados sobre a indústria 4.0. Os primeiros autores têm titulações diversas, porém, com uma predominância em titulações de Doutores, o que indica que muitos dos artigos foram liderados por pesquisadores com alta qualificação e experiência acadêmica. É notável também, a

presença de pesquisadores graduados e mestres, o que traz uma análise técnica para os artigos em análise.

Tabela 4 - Titulação dos primeiros autores

Nível	Quantidade	%
Graduado	8	26,6%
Mestre	4	13,3%
Doutor	17	56,6%
Não Identificado	1	3,3%
Total	30	100,00%

Fonte: Elaboração própria (2024).

A Tabela 5 evidencia que os artigos foram produzidos por uma ampla variedade de instituições, sendo elas de ensino público e privado, assim como por instituições de pesquisa, o que fortalece o impacto dos temas em que a indústria 4.0 é abordada. A UNISINOS (Universidade do Vale do Rio dos Sinos), localizada em São Leopoldo no Rio Grande do Sul, se destaca com 4 dos 30 artigos analisados, que indica uma ênfase a pesquisa dedicada à indústria 4.0 nesta instituição. Outras instituições como a UNESP (Universidade Estadual Paulista) com 3 artigos analisados, a UFU (Universidade Federal de Uberlândia) com 2 artigos analisados e a Unicamp (Universidade Estadual de Campinas) com 2 artigos analisados, representam um acervo significativo na pesquisa realizada acerca da indústria 4.0. Também encontra-se participação de instituições internacionais, como a UQTR (Université du Québec à Trois-Rivières, Canadá) e a UPAEP do México, o que indica uma relação global de conhecimentos e análises práticas sobre o tema.

Tabela 5 - Instituições com mais artigos

Instituições	Quantidade de artigos	%
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS	4	13,30%
Universidade Estadual Paulista - UNESP	3	10,00%
Universidade Federal de Uberlândia - UFU	2	6,60%
Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR	2	6,60%
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP	2	6,60%
Instituto Nacional da Propriedade Industrial - INPI	1	3,30%
Universidade Federal do Vale do São Francisco - UAZ	1	3,30%
Universidade Federal de São Paulo - UNIFESP	1	3,30%

Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP	1	3,30%
Instituto Nacional de Telecomunicações - INATEL	1	3,30%
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar	1	3,30%
Universidad Nacional de San Martín - UNASAM	1	3,30%
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG	1	3,30%
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla - UPAEP	1	3,30%
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM	1	3,30%
Université du Québec à Trois-Rivières - UQTR	1	3,30%
Faculdade Assis Gurgacz – FAE	1	3,30%
Universidade Federal de Alagoas - UFAL	1	3,30%
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	1	3,30%
Universidade de Brasília – UnB	1	3,30%
Faculdade de Engenharia Industrial - FEI	1	3,30%
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE	1	3,30%
Total	30	100%

Fonte: Elaboração própria (2024).

A Tabela 6 indica a quantidade de artigos por região geográfica, permitindo que se note uma predominância das regiões Sudeste e Sul do Brasil, sendo SP, MG, RJ, RS e PR as regiões com um maior volume de produção científica sobre a indústria 4.0. Além disso, outras regiões como AL, DF e PE também contribuíram para a análise, trazendo o contexto de que os temas ligados à indústria 4.0 são relevantes em várias partes do Brasil. Ademais, é possível observar que regiões internacionais como Zacatenas, Huaraz, Puebla e Quebec também evidenciam a importância e colaboração internacional sobre o tema. Logo, observa-se que a maior parte da produção científica sobre a indústria 4.0 ocorreu nas grandes regiões brasileiras de centros econômicos e industriais. Assim, sugere uma relação do progresso do país e o desenvolvimento de pesquisas acerca do tema.

Tabela 6 - Distribuição da produção dos artigos por região geográfica

Origem	Quantidade de artigo	%
Sul	14	46,60%
Sudeste	9	30,00%
Nordeste	4	3,30%
Centro-oeste	2	6,60%

Internacional	1	3,33%
Total	30	100%

Fonte: Elaboração própria (2024).

Na Tabela 7 identificam-se os quantitativos de artigos de periódicos nacionais e internacionais, artigos de eventos nacionais e internacionais, livros, TCCs, dissertações e teses, e outros tipos de referências encontradas dentre as referências dos 30 artigos analisados nesta pesquisa. A porcentagem representa o impacto desses quantitativos com relação ao total de referências analisadas sob os critérios, com destaque para os artigos e periódicos internacionais, evidenciando a contribuição de autorias estrangeiras, o que sugere que a produção científica internacional sobre a Indústria 4.0 está à frente das demais.

Tabela 7 - Tipos de referências bibliográficas

Tipo de referência utilizada	Nº de ocorrências	%
Artigos de Periódicos Internacionais	329	49,10%
Artigos de Periódicos Nacionais	92	13,73%
Outros (Websites, Revistas, Jornais, Documentos Internos e Leis)	83	12,39%
Artigos de Eventos Internacionais	81	12,09%
Livros (Capítulos de Livros)	40	5,97%
Artigos de Eventos Nacionais	24	3,58%
TCCs, Dissertações e Teses	21	3,13%
Total	670	100%

Fonte: Elaboração própria (2024).

Na Tabela 8, apresenta-se a distribuição de autores e a quantidade de artigos publicados por eles nas referências bibliográficas dos 30 artigos analisados nesta pesquisa. Ademais, pode-se observar que Jorge Muniz Junior é o autor que mais destaca-se entre os demais com 21 citações nas referências. Em seguida, Alejandro Germán Frank e Néstor Fabián Ayala também tiveram altos índices de participação nos trabalhos. Os demais autores tiveram um quantitativo entre 10 e 3 artigos encontrados dentre as referências analisadas.

Tabela 8 - Autores mais citados nos artigos

Autor	Citações
-------	----------

MUNIZ J.J.	21
FRANK, A.G	17
AYALA, N.F	14
DALENOGARE, L.S.	10
ANTUNES, R.	10
DOSI, G.	10
BENITEZ, G.B.	7
LI, L.	7
GUARIN, A.	5
BAENA, F.	5
MORA, J.	5
SAUZA, J.	5
RETAT, S.	5
WANG, S.	5
SHAMIM, S.	4
CANG, S.	4
YU, H.	4
LI, Y.	4
SCHUMPETER, J.A.	4
ABE, T. K.	3
BEAMON, B.M	3
STORCH, R.L	3
AGUS, J.	3
BRASIL.	3
FAGIANI, C. C.	3
PREVITALI, F. S.	3
GHOBAKHLOO, M.	3

Fonte: Elaboração própria (2024).

A Tabela 9 mostra as obras mais citadas dentre as referências dos 30 artigos inspecionados. Destacando-se as obras: A contribuição esperada das tecnologias da Indústria 4.0 para a indústria; Gestão do conhecimento e indústria 4.0: uma análise crítica e agenda futura; O privilégio do serviço: o novo proletariado de serviços na era digital; A Quarta

Revolução Industrial; Abordagens de gestão para a Indústria 4.0: uma perspectiva de gestão de recursos humanos e A condição pós-moderna: investigação sobre as origens da mudança cultural. Entretanto, as demais obras apresentadas na tabela, também tiveram uma participação significativa nos artigos analisados.

Tabela 9 - Referências bibliográficas (obras) mais citadas

Autores	Ano	Obras	Nº de citações
DALENOGARE, L.S.; BENITEZ, G.B.; AYALA, N.F.; FRANK, A.G.	2018	A contribuição esperada das tecnologias da Indústria 4.0 para a indústria	6
RIBEIRO, V.B.; NAKANO, D.; MUNIZ, J. J.; OLIVEIRA, R.B.D.	2018	Gestão do conhecimento e Indústria 4.0: uma análise crítica e agenda futura	6
ANTUNES, R.	2018	O privilégio do serviço: o novo proletariado de serviços na era digital	5
SCHWAB, K.	2016	A Quarta Revolução Industrial	5
SHAMIM, S.; CANG, S.; YU, H.; LI, Y.	2016	Abordagens de gestão para a Indústria 4.0: uma perspectiva de gestão de recursos humanos	4
HARVEY, D.	2018	A condição pós-moderna: investigação sobre as origens da mudança cultural	4
BRASIL.	1988	Constituição da República Federativa do Brasil	3
PREVITALI, F. S. FAGIANI, C. C.	2020	Trabalho Digital e Educação no Brasil	3
GHOBAKHLOO, M.	2018	O futuro da indústria manufatureira: um roteiro estratégico para a Indústria 4.0	3
BAENA, F.; GUARIN, A.; MORA, J.; SAUZA, J.; RETAT, S.	2017	Fábrica de aprendizagem: o caminho para a indústria 4.0	3
LI, L.	2018	O locus industrial da China em 2025: Com uma comparação entre “Made-in China 2025” e “Indústria 4.0”	3
DOSI, G.	1982	Paradigmas tecnológicos e trajetórias tecnológicas: uma interpretação sugerida dos determinantes e direções da mudança técnica	3
SCHUMPETER, J.A.	1997	Teoria do desenvolvimento econômico	3
ABE, T. K.; BEAMON, B.M; STORCH, R.L.; AGUS, J.	2016	Pesquisa operacional aplicações em operações hospitalares	3
FRANK, A.G.; DALENOGARE, L.S.; AYALA, N.F.	2019	Tecnologias da Indústria 4.0: padrões de implementação em empresas de manufatura	3

Fonte: Elaboração própria (2024).

As obras citadas na Tabela 9 são de grande relevância para o acervo científico dirigido à indústria 4.0, atribuindo um grande peso na discussão sobre a temática. Nota-se também que as publicações mais citadas são as mais atuais, mostrando a atualidade do tema no tocante a produção científica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Denomina-se “quarta revolução industrial” ou “indústria 4.0” um segmento das revoluções industriais passadas, dando ênfase às tecnologias contemporâneas. Este estudo, portanto, fez uma análise sobre a indústria 4.0 e suas tecnologias aplicando o método bibliométrico da literatura sobre o tema. O objetivo principal desta pesquisa foi alcançado com sucesso, uma vez que se propôs em fazer uma análise científica na *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), a principal biblioteca digital da América Latina, trazendo uma visão ampla sobre o tema.

Foram analisados 30 artigos, focando primeiramente na seção de Autoria e Afiliação, onde alguns tópicos principais foram levantados. Em relação ao ano de publicação, concluiu-se que a maioria dos artigos sobre a temática da Indústria 4.0 foi publicada nos últimos cinco anos. Quanto ao número de autores por artigo, observou-se que variam entre 2 e 5 autores, o que traz perspectivas diversificadas e contribui para a complexidade dos estudos. Destacou-se também o autor Jorge Muniz Júnior, que teve participação significativa nos artigos analisados. No que diz respeito à titulação dos primeiros autores, houve uma predominância de doutores, o que trouxe análises mais profundas, mas também houve participação de graduandos e mestrandos, que contribuíram com uma visão técnica. No aspecto das instituições com maior produção de artigos, a UNISINOS sobressaiu-se como a instituição com mais publicações, embora também tenha havido contribuições significativas de outras instituições. Por fim, quanto à distribuição geográfica da produção científica, as regiões Sul e Sudeste do Brasil foram as que mais contribuíram, juntamente com algumas pesquisas internacionais, evidenciando a abrangência e relevância global dos temas relacionados a Indústria 4.0.

Na seção de Referências Bibliográficas, foram obtidos diversos resultados importantes. Em relação aos tipos de referências, constatou-se que houve uma predominância de artigos internacionais, sugerindo que a produção científica internacional sobre a Indústria 4.0 está em vantagem em relação à nacional. No que tange aos autores mais citados, novamente destacou-se Jorge Muniz Júnior, com um número expressivo de citações nos artigos analisados. Quanto às obras mais citadas, foram ressaltadas as seguintes: A contribuição esperada das tecnologias da Indústria 4.0 para a indústria; Gestão do conhecimento e indústria 4.0: uma análise crítica e agenda futura; O privilégio do serviço: o novo proletariado de serviços na era digital; A Quarta Revolução Industrial; Abordagens de gestão para a Indústria 4.0: uma perspectiva de gestão de recursos humanos e A condição pós-moderna: investigação sobre as origens da mudança

cultural. Observa-se que essas obras são majoritariamente atuais, o que reforça a ideia de que a Indústria 4.0 é um tema de relevância contemporânea.

Os resultados encontrados nesta pesquisa contribuem de forma significativa para a exploração no tocante aos temas interligados à indústria 4.0 na plataforma Scielo, uma vez que possibilitou o acesso a base de dados internacionais e nacionais de qualidade, contribuindo de forma expressiva nesta pesquisa. Ademais, a análise realizada neste trabalho levou em consideração todas as amplitudes utilizadas no método bibliométrico, trazendo resultados exatos e confiáveis. Dessa maneira, poderão ser utilizados em pesquisas sistemáticas ou bibliográficas, ressaltando os principais temas e autores que estão à frente da temática.

Apesar dos desafios encontrados na elaboração desta pesquisa, que inclui o escopo da pesquisa ter sido realizado apenas na plataforma Scielo, podendo haver contribuições relevantes em outras bases de dados, como também, a escassez de dados complementares dos conceitos abordados, conclui-se que a análise bibliométrica é um método que se adequa ao mesmo, uma vez que trata-se de uma temática ainda em crescimento no tocante à produção científica e das tecnologias adotadas em seu uso.

Por fim, em virtude dos resultados encontrados, sugere-se estudos futuros, como o estudo bibliométrico em outras bases de dados como Scopus, Web of science, Science direct, entre outras. Além disso, outros estudos também poderiam explorar de maneira mais aprofundada impactos das tecnologias abordadas na indústria 4.0 e seus aspectos, como a sustentabilidade e a mão de obra nas empresas, fazendo uma ampliação das descobertas bibliométricas aqui apresentadas, para que a produção científica sobre indústria 4.0 ou “quarta revolução industrial” tenha um crescimento significativo e contínuo, contribuindo de forma eficaz em sua aplicabilidade prática.

REFERÊNCIAS

AI-FUQAHA, A.; GUIZANI, M.; MOHAMMADI, M.; OTHERS. Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, 17(4), 2347-2376, 2015.

BOETTCHER, M. Revolução Industrial - Um pouco de história da Indústria 1.0 até a Indústria 4.0. **LinkedIn**. 26 nov. 2015. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-um-pouco-dehist%C3%B3ria-da-10-at%C3%A9-boettcher>>. Acesso em: 20 de julho 2024.

CORDEIRO, R. F.; REIS, L. P.; FERNANDES, J. M. A hierarchical model for industry 4.0 concepts. **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 24, n. 2, p. eRAMR230061, 2023.

DURAN, E. C. M.; TOLEDO, V. P. Análise da produção do conhecimento em processo de enfermagem: estudo exploratório-descritivo. **Revista Gaúcha De Enfermagem**, Porto Alegre, v. 32, n. 2, p. 234–240, 2011.

FALCÃO, A. **Sistematização dos Pilares da Indústria 4.0: uma análise utilizando revisão bibliográfica sistemática**. 2019. Dissertação (Mestrado em Processos e Gestão de Operações) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2019. doi:10.11606/D.18.2019.tde-04072019-091814. Acesso em: 2024-03-08.

FRAZÃO, T. D. C.; CAMILO, D. G. G.; CABRAL, E. L. S.; SOUZA, R. P. Multicriteria decision analysis (MCDA) in health care: a systematic review of the main characteristics and methodological steps. **BMC medical informatics and decision making**, v. 18, n. 1, p. 90, 2018.

KANG, H.; LEE, J.; CHOI, S.; KIM, H.; PARK, J.; SON, J. K.; KIM, T.; DO, N. Smart manufacturing: past research, present findings, and future directions. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, v.3, n.1, p.111-128, 2016.

LASI, H.; FETTKE, P.; KEMPER, H.G.; FELD, T.; HOFFMANN, M. Industry 4.0. **Business & Information Systems Engineering**, 6(4), 239-242, 2014.

LEE, J.; KAO, H. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. **Manufacturing Letters**, v3, app. 18–23, 2014.

LOW, S., GAO, S., & Ng, E. Future-ready project and facility management graduates in Singapore for industry 4.0: Transforming mindsets and competencies. **Engineering, Construction and Architectural Management**, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print, 2019.

LIMA, F. R.; GOMES, R. Conceitos e tecnologias da Indústria 4.0: uma análise bibliométrica. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 19, p. e0200023, 2020.
MAGOMADOV, V.S. **The Industrial Internet of Things as one of the main drivers of Industry 4.0**. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2020.

ROSSINI, M.; COSTA, F.; TORTORELLA, G. L.; PORTIOLI-STAUDACHER, A. The interrelation between Industry 4.0 and lean production: an empirical study on European manufacturers. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 102, p. 3963-3976, 2019.

RAVELLI, A. P. X.; FERNANDES, G. C. M.; BARBOSA, S. F. F.; SIMÃO, E.; SANTOS, S. M. A.; MEIRELLES, B. H. S. A produção do conhecimento em enfermagem e envelhecimento: estudo bibliométrico. **Texto & Contexto - Enfermagem**, v. 18, n. 3, p. 506–512, jul. 2009.

SALGADO, C. C. R.; AIRES, R. F. F. Business Process Management - BPM: Exploração dos Artigos Brasileiros sob a Ótica da Bibliometria. **Revista Reuna**, v. 20, n. 1, p. 25-44, 2015.

SANTOS, R. N. M. Produção científica: por que medir? o que medir? **Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 1, n. 1, p. 22–38, 2003.

SILVA, D. B.; CAVALCANTI, J. S.; ARAÚJO, G. V.; MEDEIROS, L. E. **O Reflexo da Terceira Revolução Industrial na Sociedade**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2012, Curitiba. Curitiba, ABEPRO, 2012. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2002_tr82_0267.pdf.

STUEBER, K.; SILVEIRA, F. X.; TEIXEIRA, M. R. F. Ciência Aberta, acesso aberto: revisão de literatura da comunicação científica sobre Covid-19 na plataforma SciELO (2020). **Saúde em Debate**, v. 46, n. spe1, p. 348–367, 2022.

UBEDA, C. L. Dimensões do desenvolvimento de competências para contextos de trabalho na Indústria 4.0: uma revisão sistemática de literatura. **GESTÃO.Org - Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 21, n. 1, p. 0-0, 2023.

VALENTIM, M. L. P. Estrutura de bases de dados: modelos de metadados e a qualidade de resposta. **Transinformação**, v. 13, n. 1, p. 67–80, jan. 2001.

VITORINO FILHO, V. A.; SACOMANO NETO, M.; SILVA, E. M.; GIULIANI, A. C. A Produção científica brasileira em cooperação empresarial. **Revista de Administração e Inovação**, v. 9, n. 3, p. 175-194, 2012.

WANG, H.; HE, Q.; LIU, X.; ZHUANG, Y.; HONG, S. Global urbanization research from 1991 to 2009: A systematic research review. **Landscape and Urban Planning**, v. 104, p. 299-309, 2012.