REQUISITOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA CARREIRA DO ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO: HABILIDADES E TENDÊNCIAS POR ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Júlio César da Cunha, Maiara Couto Barreto e Rafael da Silva Pereira. Requisitos da indústria 4.0 na carreira do engenheiro de produção: Habilidades e tendências por análise bibliométrica. Revista Ciência Dinâmica, vol. 16, 2025. Faculdade Dinâmica do Vale do Piranga.

Recebido em: 19/10/2024
Aprovado em: 10/02/2025
Publicado em: 21/02/2025

CIÊNCIA DINÂMICA – Revista Científica Eletrônica
FACULDADE DINÂMICA DO VALE DO PIRANGA

26ª Edição 2025 | Ano XVI - e262501 | ISSN – 2176-6509

DOI: 10.70406/2176-6509.2025.312

1º semestre de 2025

FACULDADE Dinâmica FORMANDO PESSOAS

REQUISITOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA CARREIRA DO ENGENHEIRO DE PRODUÇÃO: HABILIDADES E TENDÊNCIAS POR ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

INDUSTRY 4.0 REQUIREMENTS IN THE PRODUCTION ENGINEER'S CAREER: SKILLS AND TRENDS BY BIBLIOMETRIC ANALYSIS

Júlio César da Cunha[1], Maiara Couto Barreto[2], Rafael da Silva Pereira[3].
[1]Graduando do Curso de Engenharia de Produção, Universidade do Estado de Minas Gerais. ORCID: 0009-0003-4146-9147.
[2]Mestra em Administração, Universidade do Estado de Minas Gerais. ORCID: 0000-0001-8769-4786.
[3]Mestre em Engenharia de Produção, Universidade do Estado de Minas Gerais. ORCID: 0000-0002-9043-3090.
**Autor correspondente: julio.2139141@discente.uemg.br*

Resumo
Este artigo apresenta uma análise bibliométrica sobre o impacto da Indústria 4.0 na carreira do engenheiro de produção. A partir de 2019, é possível observar um aumento de publicações, impulsionado não só pela evolução das atividades produtivas, mas também pela pandemia da Covid-19 que intensificou os desafios para as empresas nesse novo cenário. Assim, o trabalho busca abordar meios para a adaptação das indústrias, empresas e profissionais ao novo ambiente. A análise dos 196 artigos selecionados, obtidos da *Scopus*, revela informações sobre os países mais influentes no tema e as instituições com mais conexões. Além disso, a pesquisa identifica tendências, lacunas e contribuições para a literatura, categorizando os artigos em diferentes *clusters*, como Tecnologias da Indústria 4.0 na Cadeia de Suprimentos Sustentável, Integração de Tecnologias Emergentes na Indústria 4.0 e Transformação Digital e Sustentabilidade na Gestão de Operações. Os resultados destacam a importância da evolução tecnológica da informação na produção industrial e fornecem *insights* valiosos para futuras pesquisas e a agenda futura do campo.
Palavras-chave: Indústria 4.0; Engenheiro de Produção; Tecnologias Emergentes; Análise Bibliométrica; Adaptação Industrial.

Abstract
This article presents a bibliometric analysis on the impact of Industry 4.0 on the career of production engineers. Since 2019, it is possible to observe an increase in publications, driven not only by the evolution of the industry, but also by the Covid-19 pandemic that intensified the challenges for companies in this new scenario. Thus, the research seeks to address means for the adaptation of industries, companies and professionals to the new environment. The analysis of the 196 selected articles, obtained from Scopus, reveals information about the most influential countries on the subject and the institutions with the most connections. In addition, the research identifies trends, gaps and contributions to the literature, categorizing the articles into different clusters, such as Industry 4.0 Technologies in the Sustainable Supply Chain, Integration of Emerging Technologies in Industry 4.0 and Digital Transformation and Sustainability in Operations Management. The results highlight the importance of the technological evolution of information in industrial production and provide valuable insights for future research and the future agenda of the field.
Keywords: Industry 4.0; Production Engineer; Emerging Technologies; Bibliometric Analysis; Industrial Adaptation

INTRODUÇÃO

A indústria 4.0, conhecida também como quarta revolução industrial, trouxe uma radical mudança nas tecnologias fundamentais para a produção. Essa mudança ocorreu pela implementação de diferentes tecnologias como Inteligência Artificial, Robótica e Internet das Coisas, ou seja, proporcionou a digitalização das indústrias. Isso tudo pode ser considerado também uma evolução que tem o objetivo de promover a digitalização dos processos industriais, trazendo melhorias na produção e aumentando não só a eficiência, mas também a competitividade no mercado. Dessa forma, essa mudança é de grande importância para as empresas, pois quanto maior o grau de processos industriais digitalizados maior será a pressão nas empresas em adotar interfaces inteligentes de desenvolvimento, de produção e de venda, visto que essas melhorias representam um diferencial competitivo. Logo, a indústria 4.0 representa a ligação entre a evolução tecnológica da informação e a produção industrial (Balasingham, 2016).

Diante desse viés, o gerenciamento dessas mudanças na forma de produzir devem ser alocadas a um profissional competente, o qual tenha um alto conhecimento em planejar, elaborar, supervisionar, coordenar e controlar sistemas produtivos. Logo, compete ao engenheiro de produção tal tarefa, pois esse engenheiro é capaz de acompanhar os avanços tecnológicos e toda a mudança na linha de produção, com o intuito de utilizá-los nas empresas para o aumento da eficiência e otimização dos fluxos de informação e trabalho (ABEPRO, 2023). Segundo Coelho (2016), a indústria 4.0 representa um meio para a melhoria contínua no que tange não só a eficiência e a produtividade, mas também no retorno de investimento, uma vez que há várias tecnologias e tendências que facilitam a busca pela melhoria. Desse modo, são encontrados vínculos ao relacionar as definições do engenheiro de produção juntamente com a indústria 4.0, o qual o engenheiro utiliza dos aprimoramentos tecnológicos para propagar a melhoria nos processos e sistemas das empresas (Da Matta *et al*., 2023).

O assunto em questão é de extrema importância para os dias atuais das fábricas, principalmente o que tange a profissão de engenheiro de produção. Apesar de ter vários estudos que abordam conteúdos sobre o tema, não há trabalhos publicados referente a uma análise

bibliométrica abrangente no que se refere a relação do engenheiro de produção com a indústria 4.0. Assim, três questões serão usadas para nortear a pesquisa, sendo elas:

RQ1. Entre os vários países, organizações, revistas, artigos e autores que contribuíram para a literatura sobre como a indústria 4.0 influencia na carreira do engenheiro de produção, quem ou quais são os mais influentes?

RQ2. Os artigos referentes ao tema podem ser categorizados em diferentes linhas de pesquisa e como esses artigos podem ser categorizados?

RQ3. Quais são as influências que o engenheiro de produção sofre em sua carreira devido a indústria 4.0?

O objetivo desse trabalho é compreender e auxiliar o campo de pesquisa sobre a influência da indústria 4.0 na carreira do engenheiro de produção a partir da literatura. Para isso, será realizada uma análise bibliométrica explorando citações, países, universidades, periódicos, estudos e autores que mais contribuíram para o campo pesquisado. A análise bibliométrica é utilizada na gestão do conhecimento científico e na obtenção de informações de um determinado assunto, por meio da identificação quantitativa dos critérios de um conjunto de artigos. Para realizar essa análise, utilizou-se os métodos de acoplamento bibliográfico, análise de coocorrência e análise de conteúdo. Dessa forma, o auxílio do *software* VOSviewer, possibilitou a identificação dos artigos mais citados referente ao tema e obter gráficos visuais das citações encontradas (Van Eck; Waltman, 2010a).

MÉTODO

Para a execução da análise em questão, à base de dados da *Scopus* foi utilizada, uma fonte bibliográfica abrangente que engloba relevantes publicações de revistas e pesquisas de diversas áreas do conhecimento, provenientes de renomados estudiosos (Van Eck; Waltman, 2014). Segundo informações da ficha informativa do site da *Elsevier* (2024), a *Scopus* abriga mais de 25 mil periódicos listados, contando com mais de 84 milhões de registros em seu banco de dados. Esta base de dados compreende mais de 1,8 bilhão de referências citadas e abrange mais de 94,8 mil afiliados, sendo considerado como o maior repositório voltado à pesquisa, justificando a escolha dessa base.

A busca na base de dados foi feita através da utilização de termos específicos relacionados ao tema, empregando a função de pesquisa por "*Article title, Abstract, Keywords*". Esses termos foram construídos com base em dois elementos centrais: indústria 4.0 e

engenheiro de produção. A escolha das palavras-chave para cada termo foi fundamentada no conhecimento prévio da equipe em revisões relevantes ao tema do estudo. Os dois conjuntos de palavras-chave (Indústria 4.0 e Engenheiro de Produção) foram conectados pela palavra "*AND*" e cada palavra foi conectada entre si pela palavra "OR" para a realização das buscas.

O grupo 1 (Indústria 4.0) é formado pelas palavras "*Changes in industry 4.0, Mobility and industrial connectivity, Data analysis, Digitization of production, Industry 4.0, Industrial automation, Internet of Things (IoT), Advanced Manufacturing, Industrial robotics, Operational efficiency, Machine Learning* e *Lean Manufacturing 4.0"*.

Já o grupo 2 (Engenheiro de Produção) é formado pelas palavras *"Professional adaptation, Impact of Technology on Career, Professional Challenges, Production Engineer Skills, Professional career, Supply chain management, Production engineer, Production management systems* e *Control systems"*. Esse método resultou na obtenção de 19.174 documentos.

A fim de filtrar esses artigos e selecionar apenas os mais relevantes para o estudo, algumas opções de pesquisa foram aplicadas. As opções escolhidas foram o tipo de arquivo, sendo artigos e revisões, documentos em estágio final de publicação, em língua inglesa e por último foi limitada na área da engenharia (Ramos-Rodrigues; Ruíz Navarro, 2004).

A aplicação dessas opções a quantidade de estudos passou a ser de 3.255. Para se obter trabalhos com mais relevância e mais coeso com o tema da pesquisa, foi estabelecido três critérios para a seleção dos arquivos. Logo, (i) os artigos precisavam tratar sobre mudanças, inovações e avanços tecnológicos na indústria no contexto das atividades da engenharia de produção, (ii) influência da indústria 4.0 nos meios de produção e (iii) competências do engenheiro de produção em relação ao novo contexto de fábrica. Dessa forma, foram selecionados 196 documentos, os demais foram descartados.

Assim, é importante entender a forma de avaliação descritas a partir do texto. O acoplamento bibliográfico busca conectar arquivos com base nas referências iguais que dois ou mais pesquisas possuam, avaliando a quantidade de citações em comum, mostrando a semelhança do tema com os de outras teses. Assim, esse acoplamento faz a divisão em *cluster* para entender como os artigos estão distribuídos em temas parecidos, mostrando suas ligações utilizando a força dos links. A análise de coocorrência avalia a frequência com que autores, palavras-chave e termos aparecem em um conjunto de pesquisas, evidenciando padrões e identificando conexões entre tópicos emergentes. Logo, a força do link é medida pela

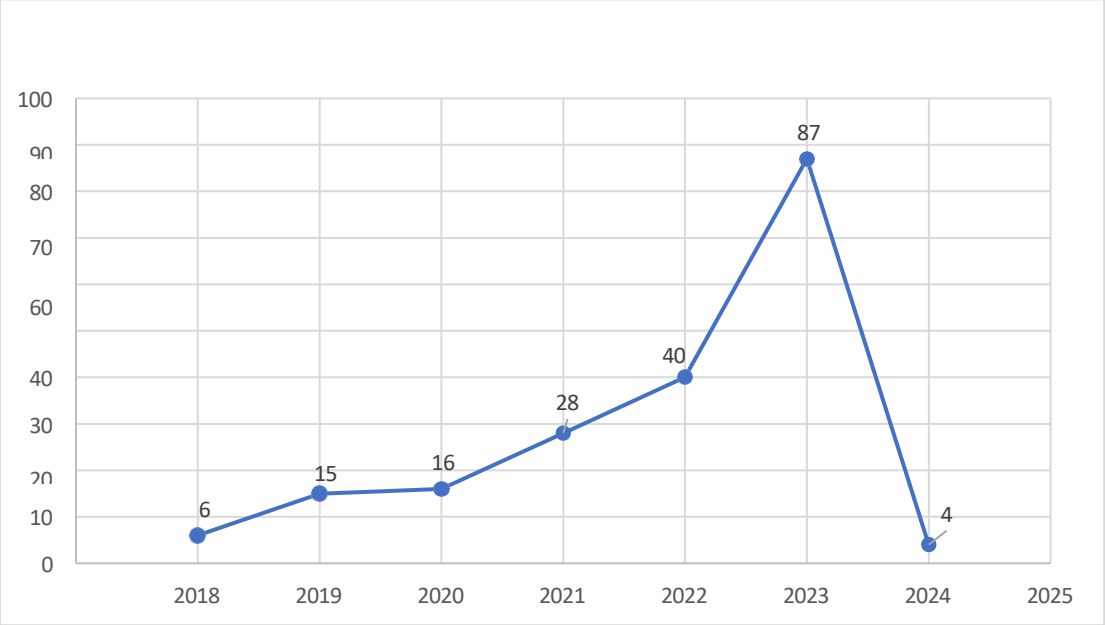
intensidade e número de conexões que um documento tem dentro da rede, mostrando sua influência. Por fim, as citações são indicadores importantes para mapear a relevância acadêmica de um trabalho, sendo analisadas tanto em quantidade quanto em qualidade para compreender redes de influência científica (Van Eck; Waltman, 2010a).

RESULTADOS

Os 196 artigos selecionados foram baixados da *Scopus*, o qual gerou um arquivo em planilha (.csv) contendo informações como referencial bibliográfico, palavras-chave, citações dentre outros. Assim, esses dados foram abertos no *software* VOSviewer, o qual possibilitou reunir todas as informações mostradas a seguir.

Com a seleção dos artigos mais relevantes para o tema da pesquisa foi possível obter os resultados mostrados e discutidos abaixo. É importante ressaltar que os documentos encontrados estão situados entre os anos de 2018 e 2024, mostrados na Figura 1.

Figura 1 - Número de documentos em cada ano



Fonte: dados da pesquisa, 2024.

Com a esquematização da quantidade de documentos em cada ano é possível analisar que houve um alto crescimento no número de artigos, iniciada no ano de 2020. Esse crescimento pode ser explicado pela pandemia do COVID-19, o qual ocorreu nesse mesmo período, impondo diversos desafios às indústrias. A pandemia reorientou as prioridades de pesquisa em

muitos campos de estudos, com ênfase em teses relacionada à saúde organizacional, tecnologias de trabalho remoto, desenvolvimento de novos modelos de negócios e outras abordagens voltadas para um ambiente de trabalho seguro para as pessoas. Assim, a pandemia acelerou a transformação digital aumentando a atenção das empresas para a resiliência e sustentabilidade operacionais. Desse modo, a adoção de tecnologias como Internet das Coisas (IoT), Inteligência Artificial e *Big data*, torna-se uma estratégia essencial para a adaptação das indústrias nesse período, refletindo no aumentando o número de artigos com temas relacionados a adaptação e novas práticas de produção à nova realidade (Almeida; Andrade, 2023).

A realização da análise das informações contidas no arquivo em planilha proporcionou informações preciosas. As primeiras informações que podem ser discutidas são sobre os países e instituições mais influentes. A Índia e a China possuem maior influência no que tange o tema abordado (34 documentos e 1.745 citações) em relação a outros países influentes identificados pelo *software* (como Reino Unido, Estados Unidos, Espanha, Alemanha, Itália, Paquistão, Brasil, Arábia Saudita, Suécia, França, Austrália, Áustria, Canadá, Peru e Taiwan).

A Índia tem uma influência significativa em pesquisas sobre desenvolvimento, tecnologia, inovação e em grande parte em engenharia. As empresas privadas indianas demonstram grande habilidade para resolver problemas complexos no meio produtivo, tornando-a um dos países mais influentes no campo da ciência. Com isso, a Índia expande sua presença global, demonstrando seu impacto crescente no cenário internacional de ciência, tecnologia e inovação, aumentando seu desenvolvimento interno (Kahn, 2015).

Essa influência explica o motivo das três primeiras instituições com mais força do link serem indianas, com a "*G. B. Pant Universitiv of Agriculture and Technology"*, a "*Dr. B. R. Ambedkar Instituto Nacional de Tecnologia"* e a "*Jamia Millia Islamia"*, possuindo ambas os maiores números de conexões (37.667 conexões) e o mesmo número de citações (94 citações). A "*Vellore Institutte of Technology"*, também indiana, possuindo o maior número de citações (578 citações), mas é a penúltima com menos conexões (1.900 conexões), desse modo a força do link apresentadas de cada instituição proporcionou maior relevância para a Índia.

A China também tem grande influência no campo do desenvolvimento, do avanço tecnológico e da inovação. Assim, representa um país que está avançando em direção à fronteira tecnológica, aumentando consideravelmente seus gastos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e expandindo suas atividades de inovação. Com o crescimento e o impacto no cenário internacional de ciência e tecnologia e com suas contribuições no campo de pesquisa sobre

tecnologia e desenvolvimento, a China é vista como um país com o futuro impulsionado pela inovação, o que a coloca em uma posição de destaque nesse estudo (Kahn, 2015). Por mais que a China seja de grande influência para o tema proposto, as análises identificadas pelo VOSviewer não resultaram em nenhuma instituição chinesa, logo não sendo apresentas nesse estudo.

A tabela abaixo (Tabela 1) mostra os periódicos que mais publicaram artigos com foco em suas conexões. Com a plotação dos dados no VOSviewer, para a criação dessa tabela, resultou em um total de 109 periódicos, mas a tabela aborda apenas os 10 mais citados, visto que a partir do décimo periódico a quantidade de conexões é muito baixa.

Tabela 1- Periódicos mais relevantes

Periódicos	Documentos	Citações	Força total do link
Computers and Industrial Engineering	8	622	21766
Journal of Cleaner Production	9	397	19912
International Journal of Production Research	7	896	18439
Sustainability (Switzerland)	6	175	9778
Journal of Manufacturing Technology Management	2	530	9046
IEEE Access	6	782	7437
Sensors	6	207	4100
Computers in Industry	3	206	2400
Annual Reviews in Control	1	140	1300
Chemical Engineering Journal	1	142	300

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

A revista *Computers and Industrial Engineering*, por mais que seja a segunda a ter mais documentos publicados (8 arquivos) é o periódico mais relevante para o tema, com 21.766 conexão, seguida pela *Journal of Cleaner Production*, com o maior número de artigos publicados (9 estudos) e sendo o segundo mais relevante com 19.912 conexões. O periódico *International Journal of Production Research* é o que mais contém citações (896 citações), ficando em terceiro lugar em relevância (18.439 conexões) e possuindo 7 documentos divulgados.

Através dessa tabela é possível observar que, embora o periódico *Computers and Industrial Engineering* seja o terceiro mais citado, é o que apresenta a maior força total do link. Isso indica que a força do link considera não apenas a quantidade de citações recebidas pelo

periódico, mas também sua qualidade e o contexto em que é mencionado. Em outras palavras, essa mensuração proporciona uma avaliação qualitativa da relevância e impacto de um artigo, país, periódicos, autores e instituições dentro de um campo específico.

Outra análise que se pode obter com o *software* VOSviewer, são os autores que mais publicaram artigos e, consequentemente, quantas vezes foram citadas. Como ainda, com o *software* é possível ver as pesquisas mais citadas. Com a análise, foram identificados um total de 742 autores, no entanto apenas os 9 primeiros foram considerados, pois a partir do nono autor a quantidade de citações é pequena. Assim, os autores Jayakrishna e Manavalan foram os mais citados dentre os autores com 578 citações, seguidos de Alencastro, Caiador, Garza-reyes, Lona, Nascimento, Quelhas e Tortorella com 465 ambos.

Por fim, as pesquisas foram avaliadas em força total do link para categorizar os mais importantes. Logo, o artigo de Manavalan (*A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements*) possui 557 citações e 231 conexões, tornando-o mais forte em questão de total de link dentre os documentos, seguido de Birkel e Müller (*Potentials of industry 4.0 for supply chain management within the triple bottom line of sustainability – A systematic literature review*), com 181 conexões e apenas 148 citações, e Núñez-merino (*Information and digital technologies of Industry 4.0 and Lean supply chain management: a systematic literature review*), com 159 conexões e apenas 172 citações. Nascimento (*Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal*) contém o segundo lugar com maior número de citações (465 citações), no entanto apresenta apenas 84 conexões com outros documentos. O artigo de Jayakrishna não aparece entre os mais relevantes, apenas Bodkhe e Baryannis, sendo Baryannis o terceiro mais citado dentre os documentos.

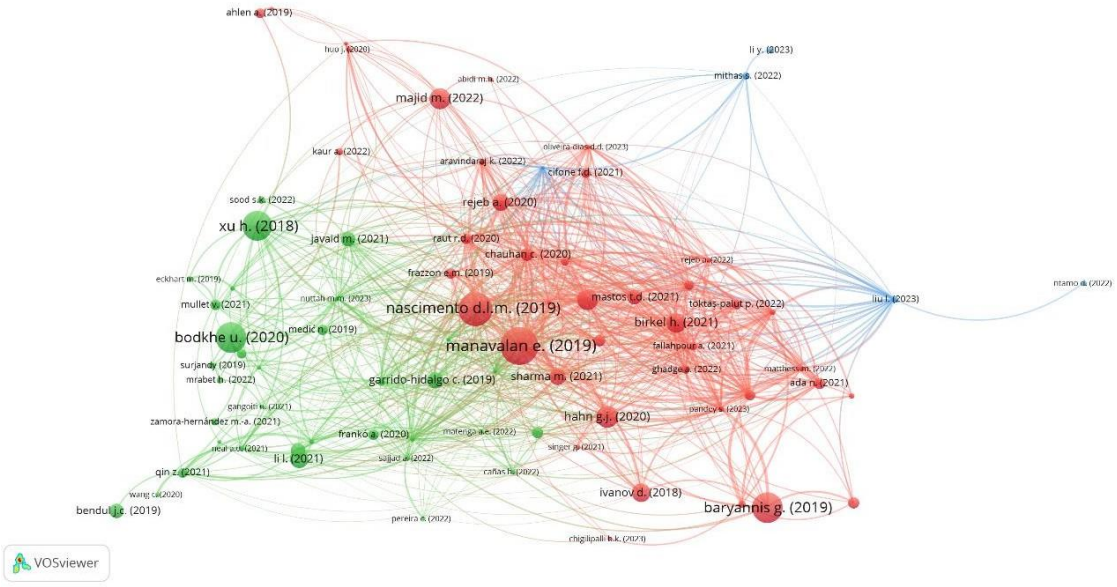
ACOPLAMENTO BIBLIOGRÁFICO

A finalização das análises possibilita a realização do acoplamento bibliográfico e da análise de coocorrência, para explorar os fluxos de pesquisa da influência da indústria 4.0 na carreira do engenheiro de produção. Assim, com o uso do *software* VOSviewer, é possível fazer o acoplamento para obter uma visão mais clara sobre os temas que estão ligados ao assunto do trabalho.

De acordo com Van Eck e Waltman (2019), o acoplamento bibliográfico é utilizado

para realizar ligações ou conectar artigos, a fim de analisar suas semelhanças temáticas, como ainda, analisar documentos relacionados, periódicos, autores, referências e entre outros. Para fazer essa etapa foi utilizada o arquivo em planilha (csv) contendo os 196 documentos, retiradas da *Scopus*, esse registro após aberto no software foi selecionado as opções de análise "*bibliographic coupling*" e "*documents*", como também o método escolhido foi o "*fractional counting*". Com essa etapa realizada foi escolhido um número mínimo de 5 citações por artigos, visto que a quantidade de pesquisas era muito alta (196), totalizando assim 91. Com essa amostra, os estudos que não apresentavam link com outras teses eram removidos, esses documentos são Azamfirei (2021), Gershwin (2018), Hanna (2022), Hinterreiter (2020), Kumar (2021), Raman (2022), Rizwan (2018), Tarallo (2018), Mahdavisharif (2022) e Khanfar (2021), o artigo Bhagawati (2019) também foi removido visto que estava muito difuso ao tema, logo resultando em um acoplamento bibliográfico com 80 documentos.

Figura 2 - Acoplamento Bibliográfico



Fonte: *Software* VOSviewer.

A Figura 2 mostra a representação do acoplamento bibliográfico resultante do *software* VOSviewer, é importante destacar que os artigos com círculo maiores representam maior relevância, isto é, se destacam em comparação aos outros estudos (Van Eck; Waltman, 2010c).

Em quantidade de citações, a figura possui três documentos principais, sendo Manavalan e Jayakrishna (2019), Nascimento *et al*. (2019) e Baryannis *et al*. (2019). O artigo

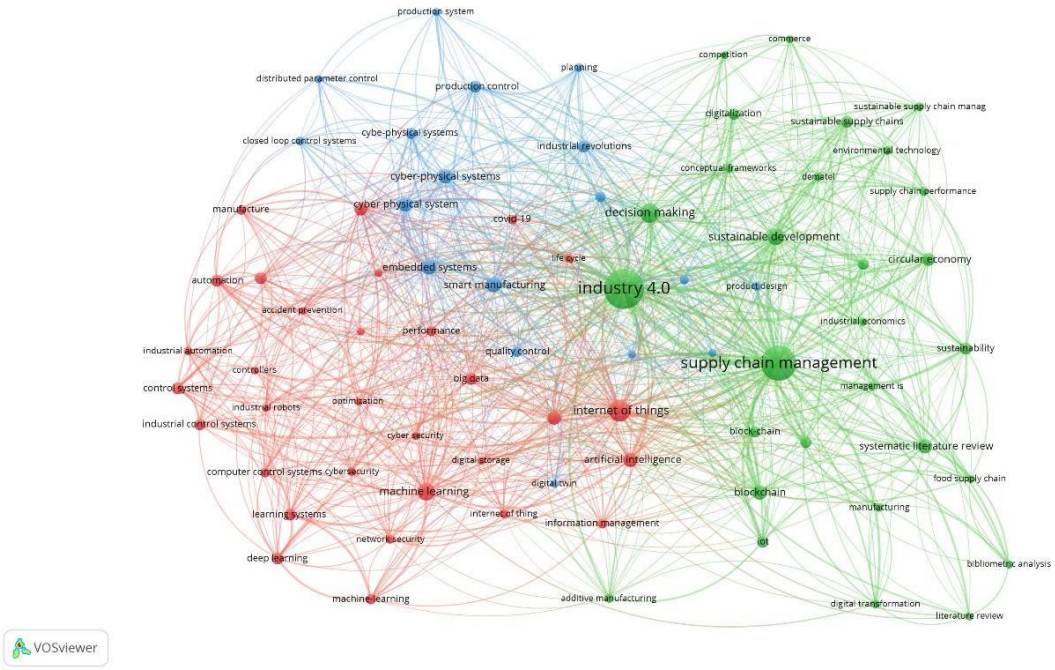
de Manavalan (*A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements)* é o mais citado (557) e é o estudo que mais tem ligações com 231. O segundo artigo, de Nascimento (*Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal*) possui 465 citações e 189 ligações. Por fim, a pesquisa de Baryannis (*Supply chain risk management and artificial intelligence: state of the art and future research directions*) possui 374 citações e apenas 23 ligações. Além desses documentos, é importante ressaltar a tese de Chauhan e Singh (*A review of Industry 4.0 in supply chain management studies*), visto que, por mais que possua apenas 65 citações, esse artigo possui 189 ligações também.

A figura 2 também evidencia três divisões de *cluster* sendo vermelho, verde e azul. O primeiro representado pela cor vermelha, engloba as pesquisas contidos no *cluster 1*, possuindo um total de 41 arquivos sobre o tema "Tecnologias da Indústria 4.0 na Cadeia de Suprimentos Sustentável", o segundo está na cor verde e junta os estudos contidos no *cluster 2*, com um total de 34 pesquisas sob o tema "Integração de Tecnologias emergentes na indústria 4.0", e por fim representado em azul refere-se aos artigos do *cluster 3*, com um total de 5 documentos regendo o tema "Transformação Digital e Sustentabilidade na Gestão de Operações ".

ANÁLISE DE COOCORRÊNCIA

O fim do acoplamento bibliográfico ajudou a separar os 196 artigos parecidos e dividi-los em *clusters*. Assim, essa etapa da pesquisa visa realizar a análise de coocorrência, isto é, mapear as palavras-chave resultantes dos 196 documentos. Para realizar essa análise, com o uso do VOSviewer, foi usado a opção de análise "*co-occurrence*" e a opção "*all Keywords*", com isso foi selecionado um limite mínimo de 5 palavras-chave, resultando em 78 palavras extraídas. Dessa maneira, a Figura 3, representada abaixo, mostra visualmente a análise de coocorrência dividida em três *clusters*. É importante ressaltar que quanto maior o círculo e rótulo da palavra-chave, maior é a sua importância dentro do *cluster* (Van Eck; Waltman, 2010b).

Figura 3 - Mapa visual da análise de coocorrência



Fonte: *Software* VOSviewer.

Os *clusters* obtidos informam as conexões entre as palavras-chave, validando o fluxo das palavras apresentado pelos estudos selecionados no site da *Scopus* (196 artigos), os *cluster* estão divididos em três: vermelho, verde e azul. O primeiro *cluster* representado na cor vermelha

apresenta 31 palavras-chave: (*Accident Prevention, Artificila Intelligence, Automation, Big Data, Computer Control Systems, Control Systems, Controllers, Covid-19, Cyber Security, Deep Learning, Digital Storage, Efficiency, Industrial Automation, Industrial Control Systems, Industrial Research, Industrial Robots, Information Management, Internet of Things, Learning Systems, Life Cycle, Machine Learning, Manufacture, Manufacturing Industries, Network Security, Optimization, Performance, Process Control*), as palavras "*Cyber Security"* e "*Machine Learning"* aparecem duas vezes e a palavra "*Internet of Thing"* aparece três vezes.

O segundo *clusters* na cor verde conta com 29 palavras-chave: (*Additive Manufacturing, Bibliometric Analysis, Blockchain, Circular Economy, Commerce, Competition, Conceptual Frameworks, Decision Making, Dematel, Digital Technologies, Digital Transformation, Digitalization, Environmental Technology, Food Supply Chain, Industrial Economics, Industry 4.0, IoT, Literature Review, Management is, Manufacturing, Supply Chain, Supply Chain Management, Supply Chain Performance, Sustainability, Sustainable Development, Suatainable Supply Chain Manag, Sustainable Supply Chains, Systematic Literature Reveiw*),

a palavra "*Blockchain"* aparece duas vezes no *cluster*.

Enfim, o terceiro *cluster* representado na cor azul é composto por 18 palavras-chave: (*Closed Loop Control Systems, Cyber Physical Systems, Data Analytics, Digital Twin, Distributed Parameter Control, Embedded Systems, Industrial Internet of Things, Industrial Revolutions, Planning, Product Design, Production Control, Production System, Quality Control, Radio Frequency Identification, Smart manufacturing, Supply Chains*), a palavra *Cyber Physical Systems* aparece três vezes dentro do *cluster*.

ANÁLISE DE CLUSTERS

O acoplamento bibliográfico permitiu a separação dos 80 artigos finais em *clusters* (Figura 2). Com essa divisão, foi feita uma análise do conteúdo de cada *cluster* para evidenciar as pesquisas mais importantes. Os detalhes são o número de citações, os links e a força total dos links, essas informações serão muito importantes para a ponderação dos documentos de cada *cluster*. Essa forma de selecionar os artigos mais impactantes se baseia na sugestão de Van Eck e Waltman (2019), o qual é apresentado que quanto maior o peso da pesquisa maior é sua relevância dentro do *cluster*. Assim, os links e a força total dos links serão os principais critérios para a análise dos estudos, sendo um link a associação entre dois arquivos, ou seja, quanto mais forte for essa ligação maior será a força e importância do artigo (Van Eck; Waltman, 2019). Dessa forma, o VOSviewer auxiliou novamente nessa etapa, visto que esse *software* será responsável por verificar todas as conexões de um determinado artigo e calcular seus valores de força total do link (*Total link strenght*).

Em suma, cada artigo foi classificado consoante sua importância, dos 80 documentos finais, o *cluster 1* é composto por 41 estudos, o *cluster 2* é composto por 34 pesquisas e o *cluster 3* é composto por 5 teses. No entanto, para efetuar essa análise, como forma de evitar uma avaliação excessivamente detalhada, extensivo e repetitivo, foram selecionados apenas os três primeiros artigos de cada *cluster* (Tabela 2) com maiores pesos. Enfim, abaixo se inicia a análise evidenciando os mais importantes.

Tabela 2 - Artigos pertencentes a cada *Cluster*

Cluster	Autores	Título	Links	Citação	Força Total do Link
	Manavalan; Jayakrishna, 2019	A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements	53	557	9600
Cluster 1	Birkel; Müller, 2021	Potentials of industry 4.0 for supply chain management within the triple bottom line of sustainability – A systematic literature review	47	148	6100
	Chauhan; Singh, 2019	A review of Industry 4.0 in supply chain management studies	51	65	6100
	Nuttah *et al*., 2023	Understanding blockchain applications in Industry 4.0: From information technology to manufacturing and operations management	29	6	3300
Cluster 2	Avilés-sacoto s.v *et al*., 2019	A glance of industry 4.0 at supply chain and inventory management	44	10	2500
	Bigliardi; Casella; Bottani, 2021	Industry 4.0 in the logistics field: A bibliometric analysis	38	21	2400
	Liu, L.; Song; Liu, Y., 2023	Leveraging digital capabilities toward a circular economy: Reinforcing sustainable supply chain management with Industry 4.0 technologies	32	17	3400
Cluster 3	Haleem a. (2023)	Management 4.0: Concept, applications and advancements	38	5	3300
	Mithas s. (2022)	How will artificial intelligence and Industry 4.0 emerging technologies transform operations management?	17	25	700

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

Cluster 1 - Tecnologias da Indústria 4.0 na Cadeia de Suprimentos Sustentável: O primeiro artigo é o mais relevante do *cluster* 1 e tem como objetivo analisar como a indústria 4.0 é vista na gestão da cadeia de suprimentos (SCM). Como ainda, visa identificar áreas que futuramente estão mais aptas para pesquisas (Manavalan; Jayakrishna, 2019). O segundo e terceiro artigo (Birkel; Müller, 2021; Chauhan; Singh, 2019) possuem mais similaridade, ambos são revisões sistemática da literatura, buscando identificar, selecionar e avaliar evidências de como a integração da indústria 4.0 atua no contexto da gestão da cadeia de suprimentos.

Os documentos exploram conceitos, aplicação, eficiência e a visibilidade das tecnologias da Quarta Revolução Industrial, buscando evidenciar seus desafios e

oportunidades. Além disso, os artigos citam questões relacionadas a transformação digital, circularidade na economia e os impactos do gerenciamento das organizações que são envolvidas nas cadeias de suprimento (Manavalan; Jayakrishna, 2019; Birkel; Müller, 2021; Chauhan; Singh, 2019). Dessa maneira, tal assunto tem grande visibilidade na pesquisa em questão (Como a indústria 4.0 influencia na carreira do Engenheiro de Produção), mostrando o quão preparado o engenheiro de produção deve estar para abordar com profissionalismo cadeias de suprimentos e suas novas mudanças.

Os três artigos, fazem uma análise das potencialidades da indústria 4.0 para a gestão de cadeia de suprimentos (SCM), baseado na perspectiva do "*Triple Bottom Line*", ou seja, no tripé da sustentabilidade (Birkel; Müller, 2021; Chauhan; Singh, 2019), destacando a inter-relação entre as dimensões (econômicas, sociais e ambientais da sustentabilidade). Ainda, discute possíveis conflitos e tecnologias implementadas para apresentar novas práticas gerenciais e sugestões futuras de estudos (Birkel; Müller, 2021). Tais pesquisas fornecem *insights* sobre temas emergentes, evidenciando a necessidade de desenvolver novos modelos práticos para guiar a implementação da indústria 4.0 na SCM (Chauhan; Singh, 2019). Dessa forma, abrange uma perspectiva muito ampla sobre as cadeias de suprimentos tanto aspectos conceituais, quantos aspectos empíricos, proporcionando uma ótima visão sobre o tema (Manavalan; Jayakrishna, 2019; Birkel; Müller, 2021; Chauhan; Singh, 2019).

Cluster 2 – Integração de Tecnologias emergentes na indústria 4.0: Os três primeiros artigos, os quais foram escolhidos para realizar a análise (Nuttah *et al*., 2023; Avilés-Sacoto *et al*., 2019; Bigliardi; Casella; Bottani, 2021), abordam a temática da indústria 4.0 e suas aplicações em diferentes aspectos da logística e gestão empresarial. Os dois estudos mais relevantes são análises bibliométricas, e ambos buscam analisar tendências, lacunas e contribuições para a literatura (Nuttah *et al*., 2023; Avilés-Sacoto *et al*., 2019). Dentre os três, apenas o artigo de Nuttah cita, como tecnologia emergente, a tecnologia *Blockchain*, buscando desenvolver um *framework (WHY-HOW-WHAT)* para atender as questões de gestão que essa tecnologia pode resolver na produção.

Os artigos do *cluster 2* apresentam diferentes tecnologias emergentes aplicadas na indústria 4.0, como *Blockchain*, Internet das Coisas, inovações em produção sustentável, Inteligência Artificial e Sistemas Ciberfísicos, como ainda apresenta o seu impacto em várias áreas, como operações, manufatura, gestão de cadeia de suprimento e qualidade. Os documentos contidos no *cluster*s abordam bases comuns na indústria 4.0, no entanto cada pesquisa aborda

aspectos e conceitos específicos, fornecendo *insight* muito importante sobre a aplicação prática, tendências bibliométricas e desafios enfrentados pelas empresas.

Assim, o primeiro artigo está voltado para a adoção da tecnologia *blockchain* na Indústria 4.0, buscando analisar essa tecnologia com outras, mostrar que a tecnologia *blockchain* pode ser usada para resolver problemas de compartilhamento de informações e de dados e discutir a necessidade de mais pesquisa de sistemas baseados em blockchain (Nuttah *et al*., 2023). O segundo artigo busca analisar como a Quarta Revolução Industrial afeta a gestão da cadeia de suprimento (SCM) e a gestão de estoques, apresentando os desafios como a redução do ciclo de vida do produto e da flexibilidade da produção, logo propondo novos métodos e operações fundadas por tecnologias e dados (Avilés-Sacoto *et al*., 2019). O terceiro e último artigo tem como foco a Logística 4.0, com o intuito de dar uma visão abrangente da literatura científica da indústria 4.0 no campo da logística e identificar lacunas de pesquisa relacionadas ao tema, tais lacunas são descritas sendo a necessidade de analisar áreas emergentes e explorar temas tratados marginalmente e direcionar para tópicos emergentes, as áreas e tópicos emergentes são a Inteligência Artificial, Drones e a Indústria 5.0 (Bigliardi; Casella; Bottani, 2021). Isso evidencia que a indústria 4.0 estará sempre em desenvolvimento, obrigando a evolução e aperfeiçoamento das capacidades de um engenheiro de produção, para atuação na nova atividade produtiva.

Cluster 3 – Transformação Digital e Sustentabilidade na Gestão de Operações: Os artigos os quais estão alocados no *cluster* 3 tem como foco a Transformação Digital e Sustentabilidade na Gestão de Operações. A temática abordada evidencia que a evolução da indústria está redefinindo essa gestão e a forma como as organizações enfrentam os novos desafios. Assim, os estudos não só oferecem uma visão aprofundada sobre como a Transformação Digital influencia na gestão operacional contemporânea, por meio de tecnologias emergentes da indústria 4.0, como também mostra o impulsionamento e a resiliência operacional que essas tecnologias podem oferecer para uma organização. Dessa forma, os artigos destacam a importância de compreender o futuro cada vez mais digital, visto que implementar essas tecnologias emergentes torna-se crucial para as empresas que buscam ser competitivas no mercado e prosperar na nova indústria.

O artigo de Liu (2023) tem ênfase sobre a integração de tecnologias como realidade virtual, inteligência artificial e operação aditiva na gestão sustentável da cadeia de suprimentos, para aumentar a eficiência da gestão ciberfísica e reduzir erros de ciclo de vida dos produtos. A

pesquisa destaca ainda que a interação homem-máquina é o ponto chave para promover essas tecnologias de forma mais holística, visando não apenas melhorar a eficiência, mas reduzir erros e promover a economia circular (Liu, L.; Song; Liu, Y., 2023).

O segundo artigo, Haleem *et al*., (2023), apresenta uma introdução do conceito *Management 4.0*, destacando a aplicação e o uso de tecnologias avançadas como, *Internet of Things* (IoT), Inteligência Artificial (IA) e Análise de Dados, ressaltando o papel dessas tecnologias na gestão moderna. Essa pesquisa explora também como o *Management 4.0* pode melhorar a eficiência operacional, a comunicação digital, a manutenção preventiva e influenciar a inovação de produtos. Esse artigo afirma, em sua conclusão, que o Management 4.0 e suas tecnologias avançadas têm potencial de melhorar a eficiência operacional na indústria de manufatura, e ainda ressalta a importância da cibersegurança e a adoção de soluções TI e OT para a segurança dos dados do sistema (Haleem *et al*., 2023).

Por fim, o terceiro e último documento analisado, tem como abordagem a evolução das tecnologias e gestão de operações ao longo do tempo e oferecendo uma visão dos impactos que as tecnologias emergentes têm na gestão de operações e cadeia de suprimentos. As tecnologias citadas nesse artigo são Inteligência Artificial, *Blockchain*, Manufatura Aditiva, Robótica Avançada e IoT, e classifica-os de acordo com sua funcionalidade dentro da gestão (Mithas *et al*., 2022). Assim, o estudo de Mithas *et al*., (2022) propõe uma avaliação dessas tecnologias em relação a receita, diferenciação, redução de custos e otimização de riscos para melhor avaliação na gestão de operações. Enfim, os artigos que complementam o *cluster* oferecem perspectivas únicas sobre essa revolução.

AGENDA FUTURA

A análise de *clusters* proporcionou descrever o conteúdo dos principais artigos mais relevantes para a pesquisa. Com essa análise foi possível destacar que há muita similaridade e conexão entre os *cluster*s, consequentemente entre os artigos, como o contexto das cadeias de suprimentos sustentáveis (Manavalan; Jayakrishna, 2019; Birkel; Müller, 2021; Chauhan; Singh, 2019; Liu, L.; Song; Liu, Y., 2023; Avilés-sacoto *et al*., 2019), tecnologias emergentes, como Inteligência Artificial, Internet das Coisas, Análise de Dados e Blockchain (Manavalan; Jayakrishna, 2019; Haleem *et al*., 2023; Nuttah *et al*., 2023; Liu, L.; Song; Liu, Y., 2023; Mithas

et al., 2022) e conceitos como Logística 4.0, Management 4.0 e Gestão Operacionais (Bigliardi; Casella; Bottani, 2021; Haleem *et al*., 2023). Outra similaridade é que todos os artigos explorados seguem o mesmo foco, isto é, a indústria 4.0 (Manavalan; Jayakrishna, 2019; Birkel; Müller, 2021; Chauhan; Singh, 2019; Nuttah *et al*., 2023; Avilés-Sacoto *et al*., 2019; Bigliardi; Casella; Bottani, 2021; Liu, L.; Song; Liu, Y., 2023; Haleem *et al*., 2023; Mithas *et al*., 2022).

Com isso essa seção da pesquisa, visa proporcionar, com base nas lacunas evidenciadas pelos artigos analisados na seção 3.3, uma oportunidade e um guia para futuras teses. Assim, a tabela a seguir (Tabela 3) destaca as perspectivas promissoras para o avanço da pesquisa sobre a carreira do Engenheiro de Produção diante da influência da Indústria 4.0 dentro de cada *cluster*.

Tabela 3 - Agenda Futura

Cluster 1 – Tecnologias da Indústria 4.0 na Cadeia de Suprimentos Sustentável	1 - Como as tecnologias emergentes estão remodelando as cadeias de suprimentos e redefinindo os conceitos tradicionais da Indústria 4.0?	Manavalan; Jayakrishna, 2019; Birkel; Müller, 2021; Chauhan; Singh, 2019.
	2 - Como a implementação da Indústria 4.0 pode integrar modelos de negócios inovadores que abordem benefícios econômicos, sociais e ambientais na gestão da cadeia de suprimentos?	Birkel; Müller, 2021; Chauhan; Singh, 2019.
	3 – Como a indústria 4.0 pode ajudar as empresas a ficarem mais sustentáveis com a utilização de energia renovável e com menor emissão de carbono?	Manavalan; Jayakrishna, 2019.
Cluster 2 - Integração de Tecnologias emergentes na indústria 4.0	4 - Como as PMEs podem desenvolver um modelo de roteiro para orientar no melhor aproveitamento das tecnologias emergentes, através da implementação estratégica de blockchain em operações de manutenção?	Nuttah *et al*., 2023; Avilés-Sacoto et al.,2019; Bigliardi; Casella; Bottani, 2021.
	5 - Como é possível descobrir e entender áreas emergentes e modernas e conduzir estudos detalhados para avaliar a combinação de tecnologias e preparar o terreno para pesquisas futuras?	Nuttah *et al*., 2023; Bigliardi; Casella; Bottani, 2021.
	6 - Como a transparência do blockchain pode impactar a demanda dos formuladores de políticas para que todas as empresas adotem essa tecnologia na Indústria 4.0 visando um melhor monitoramento de mercados?	Nuttah *et al*., 2023.

Cluster 3 – Transformação Digital e Sustentabilidade na Gestão de Operações	7 - Como a integração das tecnologias da Indústria 4.0 na gestão de cadeias de suprimentos pode promover a sustentabilidade, otimizando a gestão de demanda e qual é o impacto do Management 4.0 nesse contexto, especialmente em termos de eficiência, inovação e segurança?	Liu, L.; Song; Liu, Y., 2023; Haleem *et al*., 2023; Mithas *et al*., 2022.
	8 - Como o desenvolvimento de frameworks contribui para a eficácia, a inovação e ampliar a compreensão e a implementação do Management 4.0 nas práticas industriais?	Liu, L.; Song; Liu, Y., 2023; Haleem *et al*., 2023;
	9 - Como os estudos específicos sobre as tecnologias da Indústria 4.0 contribuem para identificar e abordar questões que ainda não foram amplamente exploradas na literatura existente, a fim de promover um entendimento mais abrangente e atualizado da indústria 4.0?	Mithas *et al*., 2022.

Fonte: dados da pesquisa, 2024.

CONCLUSÃO

Em conclusão, o artigo faz uma análise da literatura, utilizando o agrupamento de publicações e analisando suas futuras e existentes correntes de pesquisa. A validação do trabalho foi feita através da análise de coocorrência e do acoplamento bibliográfico, possibilitando a separação dos temas em *cluster*, expondo suas categorizações em assuntos de pesquisa: Tecnologias da Indústria 4.0 na Cadeia de Suprimentos Sustentável (*Cluster* 1), Integração de Tecnologias emergentes na indústria 4.0 (*Cluster 2*) e Transformação Digital e Sustentabilidade na Gestão de Operações (*Cluster 3*). Enfim, os artigos mais notáveis dentre os temas foram identificados consoantes sua forma de ponderação (links e força total dos links) e analisados a fim de discutir suas contribuições e preocupações para o tema, proporcionando a realização da agenda futura para ajudar futuros pesquisadores sobre os temas estudado

O artigo alcança, assim, seu objetivo de compreender e entender quais as influências que a indústria 4.0 provoca na carreira do engenheiro de produção, a fim de auxiliar o campo de pesquisa. Assim, esse trabalho tem êxito em realizar a análise bibliográfica dos periódicos, autores, universidades, estudos e países mais influentes. Como apresentado na seção 3 e na figura 1, é possível notar um crescente interesse no campo da engenharia de produção e suas novas ramificações para a indústria 4.0. Além disso, o artigo demonstra uma série de similaridade e conexões entre os tópicos analisados e busca desenvolvê-los a fim de proporcionar uma análise mais aprofundada.

Como contribuição, o trabalho apresentado não só oferece inúmeros dados sobre o campo da indústria 4.0 e engenharia de produção, como ainda apresenta análises que complementam as revisões literárias já existentes e busca guiar novas pesquisas sobre esse tema. Assim sendo, as instituições que mais se destacam na área estudada, mostram sua atuação e preocupação no contexto do tema abordado. O trabalho também mostra as principais revistas notáveis, ajudando pesquisadores que estudam evolução da produção e suas capacitações a direcionar seus estudos. Ainda, é evidenciado os autores mais relevantes sobre a influência da indústria 4.0 no que se refere a novas tecnologias emergentes, norteando novos estudiosos a escolher tais autores como forma de partida, assim, evidenciar novas tendências necessárias na carreira do engenheiro.

Com o término das análises efetuadas e com a finalização do artigo, é notório que o estudo apresenta limitações como o uso de apenas uma base de dados, a *Scopus*, e apenas documentos na língua inglesa. No entanto, mesmo com essas imperfeições é possível explorar as influências que o engenheiro de produção sofre em sua carreira devido a indústria 4.0. Como é possível observar, não só na área estudada pela pesquisa, mas também em outras ligadas diretamente ou indiretamente com a produção, a Quarta Revolução Industrial tem um impacto significativo em diversas áreas do conhecimento. As inovações, mudanças e novas tecnologias que os engenheiros podem enfrentar foram discutidas por diversos autores e artigos citados nessa pesquisa, como Automatização Avançada, Internet das Coisas (IoT), *Big Data* e Análise de Dados, Inteligência Artificial (IA), Cibersegurança e *Blockchain*. Assim como, a pandemia do Covid-19, ao acelerar a transformação digital, não só reorienta a priorização das indústrias para operações mais sustentáveis e resiliente, mas também impõe a necessidade de conhecimento, por parte dos engenheiros, sobre essas novas tecnologias. Portanto, com essa realidade industrial os engenheiros de produção que conseguirem se adaptar as oportunidades estarão bem-posicionados para enfrentar novos desafios e contribuir para a melhoria contínua dos processos, visto que a capacidade de agregar novas tecnologias e promover a inovação é muito importante para o sucesso na carreira nesse contexto.

Para finalizar, por mais que o estudo tenha alcançado seu objetivo ao explorar a literatura e evidenciar as influências da Indústria 4.0 na carreira do engenheiro de produção, ainda é possível implementar algumas melhorias para pesquisas futuras. Assim, é interessante a inclusão de outras bases de dados além da *Scopus*, para maior captação de artigos relevantes, eliminando a possibilidade de omissão de trabalhos. A seleção de arquivos em outros idiomas

pode fornecer outras análises, oferecendo perspectivas mais amplas sobre o assunto. Ainda, o uso de outras metodologias complementares, como entrevistas com profissionais e estudo de casos, pode contribuir com uma visão prática dos desafios e oportunidades enfrentadas pelos engenheiros de produção. Dessa forma, essas melhorias podem aprofundar o entendimento sobre as transformações da indústria 4.0 e impulsionar o avanço das pesquisas sobre esse campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEPRO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **A profissão do Engenheiro de Produção**. Disponível em: https://portal.abepro.org.br/abepro2024/profissao/. Acesso: 19 abr. 2024.

ALMEIDA, T. C.; ANDRADE, J. A. B. Benefícios e desafios da indústria 4.0 e o impacto durante a pandemia. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 245–259, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.51891/rease.v9i1.8164. Acesso em: 19 abr. 2024.

AVILÉS-SACOTO, S. V. et al. A glance of industry 4.0 at supply chain and inventory management. **International Journal of Industrial Engineering**, v. 26, n. 4, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.23055/ijietap.2019.26.4.5175. Acesso em: 19 abr. 2024.

BIRKEL, H.; MÜLLER, J. M. Potentials of industry 4.0 for supply chain management within the triple bottom line of sustainability – A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 289, p. 125612, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125612. Acesso em: 19 abr. 2024.

BIGLIARDI, B.; CASELLA, G.; BOTTANI, E. Industry 4.0 in the logistics field: A bibliometric analysis. **IET Collaborative Intelligent Manufacturing**, v. 3, n. 1, p. 4-12, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1049/cim2.12015. Acesso em: 29 mai. 2024.

BALASINGHAM, K. Industry 4.0: securing the future for German manufacturing companies. 2016. **University of Twente**. Disponível em: https://purl.utwente.nl/essays/70665. Acesso em: 29 mai. 2024.

CHAUHAN, C.; SINGH, A. A review of Industry 4.0 in supply chain management studies. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 31, n. 5, p. 863-886, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1108/JMTM-04-2018-0105. Acesso em: 29 mai. 2024.

COELHO, P. M. N. **Rumo à Indústria 4.0**. 2016. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.

DA MATTA, G. A.; ALVES, M. C.; DE OLIVEIRA, N. C.; DA SILVA, V. D. B.; DE STEFANO, E. A tecnologia e a Indústria 4.0 na engenharia de produção. **Revista de Gestão e Secretariado**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 6400–6413, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.7769/gesec.v14i4.2057. Acesso em: 19 abr. 2024.

ELSEVIER. **Ficha informativa sobre a Scopus - A G Scopus Fact Sheet. Site Elsevier**. 2024.

HALEEM, ABID et al. Management 4.0: Concept, applications and advancements. **Sustainable Operations and Computers**, v. 4, p. 10-21, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.10.002. Acesso em: 19 abr. 2024.

LIU, LINGDI; SONG, WENYAN; LIU, YANG. Leveraging digital capabilities toward a circular economy: Reinforcing sustainable supply chain management with Industry 4.0 technologies. **Computers & Industrial Engineering**, v. 178, p. 109113, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109113. Acesso em: 19 abr. 2024.

KAHN, M. A cooperação dos BRICS na ciência, tecnologia e inovação: retórica e realidades. **Contexto Internacional**, v. 37, p. 185-213, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0102-85292015000100006. Acesso em: 05 mai. 2024.

MANAVALAN, E; JAYAKRISHNA, K. A review of Internet of Things (IoT) embedded sustainable supply chain for industry 4.0 requirements. **Computers & industrial engineering**, v. 127, p. 925- 953, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.11.030. Acesso em: 05 mai. 2024.

MITHAS, SUNIL et al. How will artificial intelligence and Industry 4.0 emerging technologies transform operations management? **Production and Operations Management**, v. 31, n. 12, p. 4475-4487, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1111/poms.13864. Acesso em: 29 mai. 2024.

NUTTAH, M. M.; ROMA, P.; NIGRO, G. L.; PERRONE, G. Understanding blockchain applications in Industry 4.0: From information technology to manufacturing and operations management. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 33, p. 100456, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jii.2023.100456. Acesso em: 8 mai. 2024.

RAMOS-RODRIIGUE, A.R.; RUIZ-NAVARRO, J. Changes in the intellectual structure of strategic management research: a bibliometric study of the Strategic Management Journal, 1980–2000, **Strategic Management Journal**, Vol. 25 No. 10, p. 981-1004, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1002/smj.397. Acesso em: 8 mai. 2024.

VAN ECK, NEES JAN; WALTMAN, LUDO. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, n. 2, p. 523-538, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3. Acesso em: 17 ago. 2023.

VAN ECK, NEES JAN et al. A comparison of two techniques for bibliometric mapping: Multidimensional scaling and VOS. **Journal of the American Society for Information**

Science and Technology, v. 61, n. 12, p. 2405-2416, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1002/asi.21421. Acesso em: 17 ago. 2023.

VAN ECK, NEES JAN; WALTMAN, LUDO. Visualizing bibliometric networks. In: **Measuring scholarly impact: Methods and practice**. Cham: Springer International Publishing, p. 285-320, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-10377- 8_13. Acesso em: 17 ago. 2023.

VAN ECK, NEES JAN; WALTMAN, LUDO. Accuracy of citation data in Web of Science and Scopus. **arXiv preprint arXiv**, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.48550/arXiv.1906.07011. Acesso em: 17 ago. 2023.

WALTMAN, L; VAN ECK, N. J.; NOYONS, E. C. M. A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. **Journal of informetrics**, v. 4, n. 4, p. 629-635, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.joi.2010.07.002. Acesso em: 18 ago. 2023.

Declaração de Interesse
Os autores declaram não haver nenhum conflito de interesse.

Financiamento
Financiamento próprio.

Agradecimentos

Colaboração entre autores
O presente artigo foi escrito por Júlio César da Cunha, Maiara Couto Barreto e Rafael da Silva Pereira. Ambos os autores foram responsáveis pela redação da parte dissertativa do artigo.