



INDÚSTRIA 4.0: PRODUÇÃO CIENTÍFICA E PERSPECTIVAS

INDUSTRY 4.0: SCIENTIFIC PRODUCTION AND PERSPECTIVES

ADALBERTO RAMOS CASSIA

UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

SILVÂNIA DA ROCHA MEDEIROS VILA NOVA

UNISINOS - UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS

Nota de esclarecimento:

Comunicamos que devido à pandemia do Coronavírus (COVID 19), o IX SINGEP e a 9ª Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) foram realizados de forma remota, nos dias **20, 21 e 22 de outubro de 2021**.

Agradecimento à órgão de fomento:

Uninove - PPGE

INDÚSTRIA 4.0: PRODUÇÃO CIENTÍFICA E PERSPECTIVAS

Objetivo do estudo

O objetivo deste estudo é apresentar informações associadas aos documentos publicados sobre o conceito e discutir perspectivas.

Relevância/originalidade

Apresenta informações e perspectivas de publicações científicas sobre Indústria 4.0

Metodologia/abordagem

Estudos exploratório, levantamento bibliográfico.

Principais resultados

Panorama da produção científica internacional abordando Indústria 4.0.

Contribuições teóricas/metodológicas

Apresentação e discussão sobre produção científica envolvendo o tema Indústria 4.0

Contribuições sociais/para a gestão

Estímulo à pesquisa e produção científica envolvendo o tema Indústria 4.0

Palavras-chave: INDÚSTRIA 4.0, COVID-19, LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO



INDUSTRY 4.0: SCIENTIFIC PRODUCTION AND PERSPECTIVES

Study purpose

The aim of this study is to present information associated with the documents published on the concept and to discuss perspectives.

Relevance / originality

Presents information and perspectives from scientific publications on Industry 4.0

Methodology / approach

Exploratory studies, bibliographical survey.

Main results

Panorama of international scientific production addressing Industry 4.0.

Theoretical / methodological contributions

Presentation and discussion on scientific production involving the theme Industry 4.0

Social / management contributions

Stimulus to research and scientific production involving the Industry 4.0 theme

Keywords: INDUSTRY 4.0, COVID-19, BIBLIOGRAPHIC SURVEY

1 Introdução

Passados dez anos do lançamento do conceito de Indústria 4.0, pode-se avaliar sua trajetória no meio acadêmico. O conceito de Indústria 4.0 foi lançado, em 2011, na Alemanha e se espalhou pelo mundo com muita velocidade. Governos de nações desenvolvidas alocaram significativos volumes de recursos públicos para os ecossistemas que se formaram. As demais nações buscaram acompanhar este movimento, mesmo com todas as suas dificuldades. Empresas líderes globais direcionaram suas estratégias corporativas para integrar as novas tecnologias associadas à Indústria 4.0, buscando vantagens competitivas (Aghimien Aigbavboa, Oke, Edwards, Thwala & Roberts, 2021). As demais empresas, de todos os tipos, idades e portes, também buscaram meios para assimilar os novos conceitos, entender as novas tecnologias e implementá-las, mesmo com todas as dificuldades. O meio científico e tecnológico também se movimentou. Universidades, institutos de pesquisas, entidades de todos os formatos e atuações, geradoras de ciência e tecnologia, voltaram seus esforços para compreender todo o movimento representado pela Indústria 4.0 e ingressar definitivamente neste novo espaço (Lepore, Micozzi & Spigarelli, 2021).

Entretanto, as mudanças sociais, econômicas e tecnológicas, já associadas à velocidade, imprevisibilidade e complexidade não conseguiram formar uma capacidade de resposta, em governos nacionais, empresas e pesquisadores, suficiente para lidar com uma crise das proporções que se tornou a pandemia do Covid-19 (Lepore et al., 2021).

Este estudo tem o objetivo de apresentar algumas informações sobre o desafio a ser enfrentado pela comunidade científica mundial, em termos de disseminação do conhecimento científico e tecnológico associado à Indústria 4.0, em face do impacto desta pandemia e, evidentemente, de fatores derivados ou associados à pandemia. São utilizadas estimativas para apresentação de valores aproximados, indicativos de tendências, sem se pretender exatidão numérica.

2 Referencial Teórico

Teóricos das diversas áreas do conhecimento reconhecem o valor da ciência para a humanidade. Empenham-se, enquanto pesquisadores, para planejar e executar estudos em conformidade com metodologias científicas consagradas. Elaboram seus textos científicos com rigor gramatical e clareza de argumentos. Submetem seus manuscritos ao crivo de editores, revisores e especialistas para que sejam examinados, criticados e possam vir a incorporar o arcabouço de conhecimentos relevantes, pertencentes à humanidade. Novas ideias, novas abordagens e novas teorias são continuamente combinadas para a criação de conhecimento novo. O conhecimento científico mantém completa integração com o conhecimento tecnológico, ambos contribuindo para o avanço das pesquisas, tecnologias, capacidades e habilidades que serão utilizados na geração de inovações.

Neste contexto, a Indústria 4.0 reflete uma busca consistente por melhorar o desempenho industrial, incrementar a capacidade operacional e otimizar processos (Belhadi et al., 2021; Benzidia et al., 2021). Derivada da capacidade científica e tecnológica, desenvolvida ao longo de muitos anos de pesquisas, estudos, discussões e experimentos, revela-se, na prática, como um conjunto de tecnologias, métodos, processos e conhecimentos capazes de adicionar novos padrões de fabricação, engenharia e gestão (Dutta, Kumar, Sindhvani & Singh, 2021; Singh et al., 2021). Fruto do conhecimento humano, a Indústria 4.0 tem base na troca de experiências, habilidades, competências e experiências. Grande parte deste conhecimento é implícito, ou seja, habita mentes humanas e é transferido por meio de interações sociais, reflexões conjuntas, discussões, treinamentos, entre inúmeros meios. Outra parte relevante deste conhecimento está explicitado em meio formal. Documentos, de uma forma ampla,

armazenam informações relevantes que apoiam a transferência de conhecimentos. Documentos também contemplam novas ideias, novas abordagens, novos pontos de vista. Convocam à discussão, reflexão, pensamento e estimulam novas investigações, novas pesquisas e novas descobertas. Os documentos científicos mais utilizados para a divulgação e para a disseminação do conhecimento científico compreendem: o artigo científico, o artigo científico utilizado em conferências, os livros que abordam questões científicas, além de uma grande variedade de meios de registro e representação. De interesse para este estudo, os documentos científicos armazenados em grandes bases representam os meios utilizados para a troca de conhecimentos. Neste sentido, pode-se perceber a velocidade, diversidade, profundidade, com que os documentos científicos são utilizados por meio do exame de algumas características dos registros armazenados nestas grandes bases. Explora-se aqui, a base Scopus.

Entretanto, a produção científica não ocorre de forma isolada do que se passa no mundo. Ao contrário, o conhecimento científico se desenvolve a partir do questionamento de aspectos e fatos que se manifestam no mundo real. A curiosidade e a criatividade de investigadores científicos estimulam o questionamento fundamental, a partir do qual pesquisas são elaboradas. E a partir destas pesquisas, são geradas as discussões e debates que revelam a solidez e a consistência dos achados. Todo conhecimento útil e consistente, frente à ciência, é acumulado, armazenado de forma a permitir acesso, leitura, análise, verificação e, em seguida, disseminação ao mundo, para que possa sustentar novas descobertas. Ocorre que, eventos adversos, imprevisíveis e de ampla magnitude podem vir a afetar este curso de desenvolvimento científico. Eventos, como a pandemia do Covid-19, apesar de propiciarem novas descobertas, como no caso das vacinas, dos protocolos de tratamento, entre tantas outras inovações, também causam perdas, afetando a produção e a disseminação do conhecimento científico (Lepore et al., 2021).

3 Metodologia

Este estudo utiliza uma abordagem exploratória e descritiva, baseada em um levantamento bibliográfico. A fonte das informações foi a base internacional de publicações Scopus que, segundo a CAPES, representa uma das maiores e mais qualificadas fontes de documentos científicos no meio acadêmico. A base Scopus armazena mais de 87 milhões de documentos, na forma de artigos científicos, artigos de conferência, artigos de revisão, livros e capítulos de livros, entre outros meios. Para esta busca, o termo utilizado foi: ALL (“Industry 4.0”), realizado em 30.06.2021, no intervalo entre 9:00 e 10:00 horas. Foram efetuadas duas linhas de estimativas. A primeira estimativa considera o crescimento com base nos valores apurados a partir de 2012 até o primeiro semestre de 2021, conforme recuperado de acesso à base Scopus. Neste caso, o total de publicações para todo o ano 2021 foi estimado como o dobro do que foi identificado para o primeiro semestre deste ano. Em seguida, para o ano 2022, foi estimado o crescimento pela média de crescimento dos últimos três anos (2019, 2020 e 2021). Estas estimativas fornecem os quantitativos de publicações esperadas para completar a série de 2012 a 2022. A segunda estimativa considera o crescimento com base nos valores apurados entre 2012 e 2019, último ano antes das mudanças causadas pela pandemia do Covid-19. As estimativas de valores para os anos 2020, 2021 e 2022 foram obtidas com taxas de crescimento calculadas pela média de crescimento dos últimos três anos. Assim, para o 2020, o período foi 2017-2019. Para 2021, o período considerado foi 2018-2020. Para 2022, o período utilizado foi 2019-2021). Estas duas estimativas foram utilizadas para se alcançar uma diferenciação de valores presumivelmente associada às referidas mudanças no ambiente, com significativa contribuição originada pela pandemia e suas consequências.

4 Análise dos Resultados

4.1 Panorama de publicações sobre Indústria 4.0

O tema da Indústria 4.0 tem recebido crescente atenção da comunidade científica mundial. Lançado em 2011, na Alemanha, o conceito foi sendo assimilado gradualmente, até que, a partir de 2014, começou a receber publicações em números mais consistentes. Nesta análise, todas as figuras e tabelas, portanto, dizem respeito a publicações relacionadas ao termo Indústria 4.0. A Figura 1 apresenta um gráfico representativo da evolução do número de documentos identificados no levantamento bibliográfico.

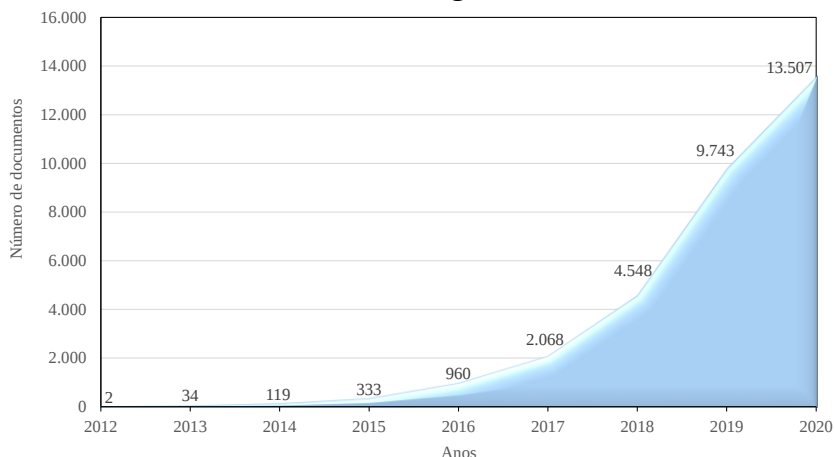


Figura 1 – Evolução do número de documentos publicados (2012-2020).

Nota. Fonte: Elaborado com dados extraídos da base Scopus (30.06.2021).

Nota. Ano de 2021 foi desconsiderado neste gráfico e cálculos.

Observa-se que as primeiras publicações ocorreram no ano 2012. Valores significativos de documentos são captados a partir de 2014, início de uma trajetória ascendente, culminando em 2020, com mais de 13 mil documentos publicados. Cerca de 70% dos documentos identificados foram publicados nos últimos três anos (2018-2020) sendo 34% somente no ano de 2020. O crescimento médio de documentos publicados no período foi de 326% por ano. O recorte para o ano 2020 mostra detalhes importantes. Do total de documentos publicados, cerca de 55% eram da área de Engenharia, 51% de Ciência da Computação e 17% de Negócios/Gestão. Quanto ao tipo, cerca de 47% utilizaram o artigo científico e 43% o artigo de conferência. Quanto aos países dos autores, 11% eram da China, 10% Alemanha, 9% Itália e 3% Brasil. A Figura 2 mostra um gráfico com a distribuição dos quantitativos por tipo de documento utilizado na publicação.

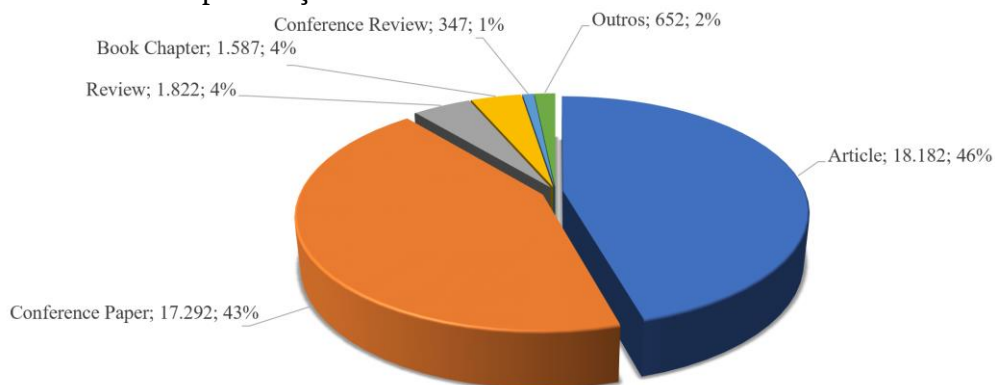


Figura 2 – Distribuição do número de documentos identificados por tipo (2012-2021).

Nota. Fonte: Elaborado com dados extraídos da base Scopus (30.06.2021).

Observa-se que cerca de 46% dos documentos foram publicados na forma de artigos científicos e 43% na forma de artigos de conferências. Somados, representaram 88% do total de documentos publicados. Com relação aos artigos científicos, cerca de 19% foram publicados em 2019, cerca de 35% em 2020 e cerca de 31% em 2021. As principais áreas de estudos foram a Engenharia (53%), seguida por Ciência da Computação (40%) e Negócios/Gestão (24%). Os países associados aos autores que mais publicaram artigos foram a China (17%), Alemanha (9%), Estados Unidos (8%), Itália (8%) e Brasil (4%). Com relação aos artigos publicados em conferências, cerca de 32% foram publicados em 2019, cerca de 33% em 2020 e cerca de 9% em 2021. As principais áreas de estudos foram a Ciência da Computação (65%), seguida por Engenharia (57%) e Negócios/Gestão (7%). Os países associados aos autores que mais publicaram artigos foram a Alemanha (17%), Itália (9%), China (7%), Estados Unidos (6%), e Brasil (3%). A Figura 3 apresenta um gráfico com um ranking contendo as 20 maiores fontes de publicações dos documentos identificados na busca.

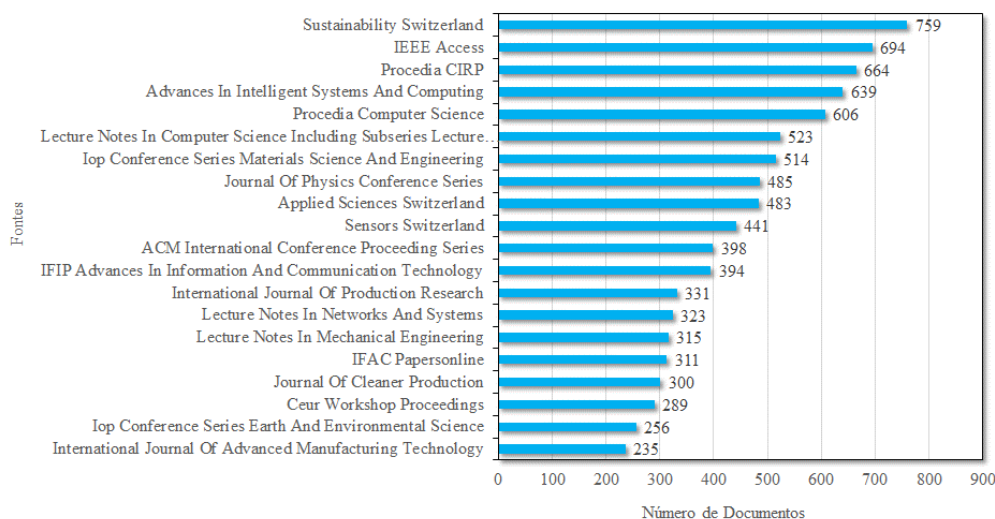


Figura 3 – Principais fontes de publicação dos documentos (2012-2021).

Nota. Fonte: Elaborado com dados extraídos da base Scopus (30.06.2021).

O periódico “Sustainability Switzerland” figura como a maior fonte de publicação dos documentos identificados na busca, com cerca de 2% do total de documentos publicados. A Figura 4 mostra um gráfico com um ranking das 20 áreas com maiores quantitativos de documentos publicados.

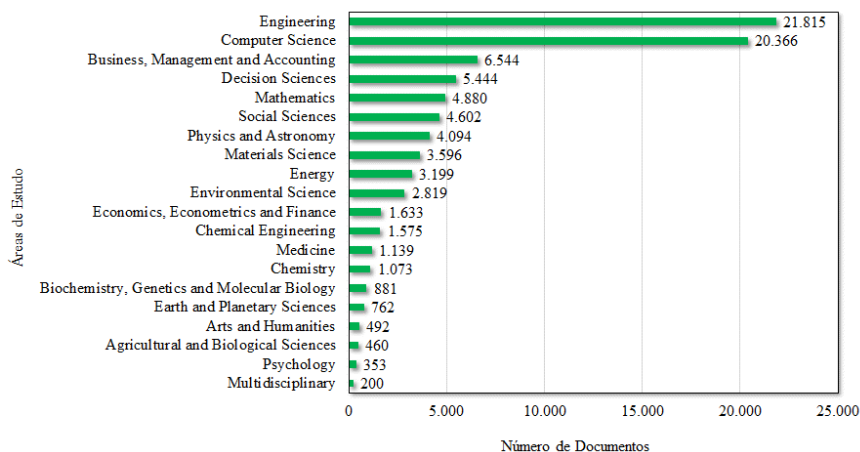


Figura 4 – Principais áreas de estudos dos documentos identificados (2012-2021).

Nota. Fonte: Elaborado com dados extraídos da base Scopus (30.06.2021).

Nota. O mesmo documento pode ter sido registrado em mais de uma área de estudos.

A área de Engenharia lidera o ranking, com cerca de 55% do total de documentos publicados. A área de Ciência da Computação também alcançou posição de destaque, com 51% do total de documentos publicados. A área de Engenharia figurou em 24% dos documentos publicados em 2019, aumentou para 34% em 2020 e 20% em 2021, até a data desta busca. Na área de Engenharia, 14% dos documentos foram elaborados por autores da Alemanha, 12% da China, 9% da Itália, 8% dos EUA e 3% do Brasil. Ainda na área de Engenharia, 45% dos documentos eram do tipo artigo de conferência (publicados em conferências científicas) e outros 44% eram do tipo artigo científico (publicados em periódicos científicos). A Figura 5 apresenta um ranking com os 20 países com maior número de documentos publicados no período (2012-2021).

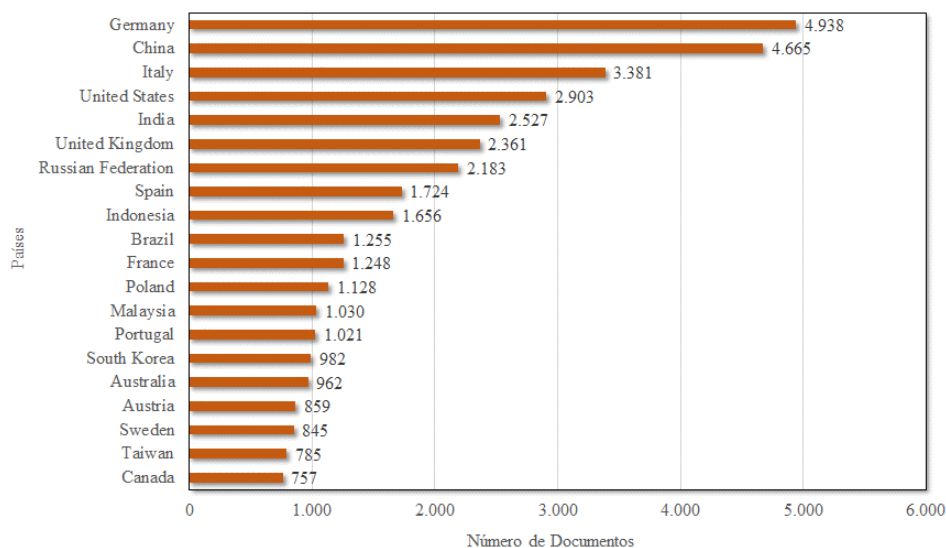


Figura 5 – Número de documentos identificados por países dos autores (2012-2021).

Nota. Fonte: Elaborado com dados extraídos da base Scopus (30.06.2021).

A Alemanha foi o país de nacionalidade dos autores com maior quantitativo de documentos publicados, seguido pela China. Cada um destes países alcançou cerca de 12% do total de documentos. O Brasil registrou a 10ª posição no ranking, com cerca de 3% do total. Análise mais aprofundada dos documentos mostra algumas diferenças importantes entre os países. A Tabela 1 apresenta alguns percentuais.

Tabela 1 – Percentuais de documentos publicados (2012-2021).

Itens	Descrições dos itens	Alemanha	China	Itália	EUA	Brasil
Áreas de estudo	Engenharia	14%	12%	9%	8%	3%
	Ciência da Computação	12%	13%	8%	7%	3%
	Negócios e Gestão	13%	9%	9%	9%	4%
Tipos de documentos	Artigos científicos	9%	17%	8%	9%	4%
	Artigos de conferência	17%	7%	9	6%	3%

Observa-se que a Alemanha lidera por quantitativo de documentos publicados na área de Engenharia (14%), seguida pela China (12%), Itália (9%) e EUA (8%). Para fins de comparação, apresenta-se o Brasil (3%). Na área de Ciência da Computação, a China toma a dianteira, com 13%, contra 12% da Alemanha, 8% da Itália, 7% dos EUA e 3% do Brasil. Na área de Negócios e Gestão, a Alemanha figura em primeira posição, com 13%, empatadas China, Itália e EUA, com 9% e leve aumento do Brasil, com 4%. Em termos de tipos de documentos, a China lidera com 17% de documentos publicados sob a forma de artigos científicos. Isso significa que a China utiliza mais a elaboração e publicação de documentos na

forma de artigos científicos, cujo processo de publicação envolve a submissão a um periódico, seguida pela análise de editores e análise por pares, sem que o conteúdo seja apresentado previamente à comunidade científica. A Alemanha lidera com 17% de documentos publicados sob a forma de artigos de conferência. Isso indica que os pesquisadores da Alemanha utilizam mais as conferências para lançarem seus artigos, abrindo possibilidade de discussões científicas com seus pares. Ao se detalhar mais o caso brasileiro, identificou-se que entre os patrocinadores de estudos, constavam três instituições representativas: CAPES, CNPQ e FAPESP. A Figura 6 exibe um gráfico com o ranking dos maiores patrocinadores dos estudos associados aos documentos publicados.

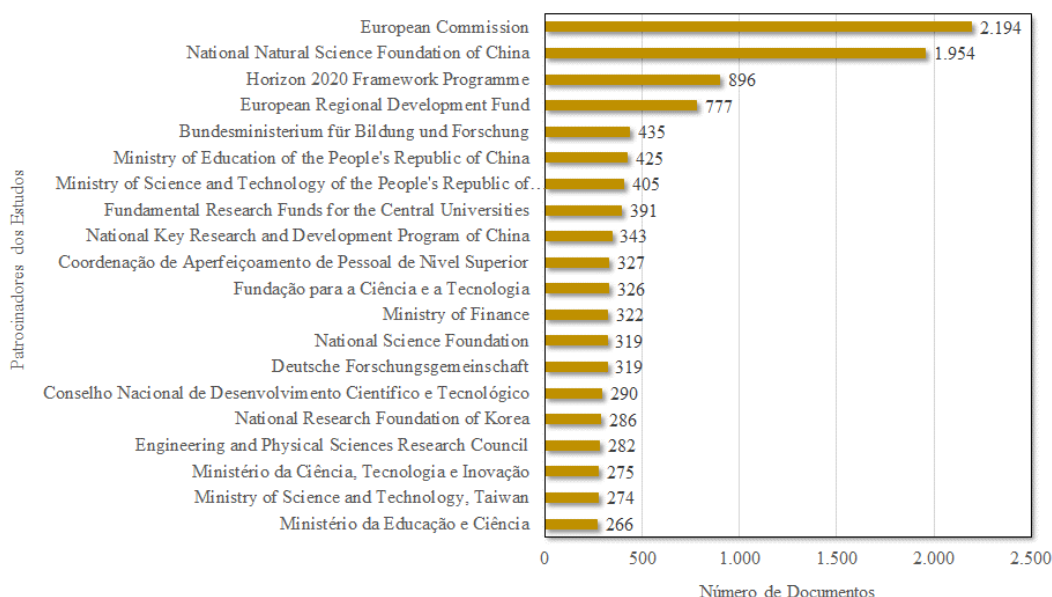


Figura 6 – Principais patrocinadores dos estudos (2012-2021).

Nota. Fonte: Elaborado com dados extraídos da base Scopus (30.06.2021).

A entidade europeia (European Commission) que patrocina estudos associados aos documentos publicados foi responsável por 6% de todos os documentos identificados na busca. A entidade chinesa (National Natural Science Foundation of China) contabilizou 5% de participação. Duas instituições públicas brasileiras figuram neste ranking, a CAPES e o CNPQ, ambas com cerca de 1% de participação. A Figura 7 mostra a evolução do número de documentos patrocinados pelas três instituições brasileiras.

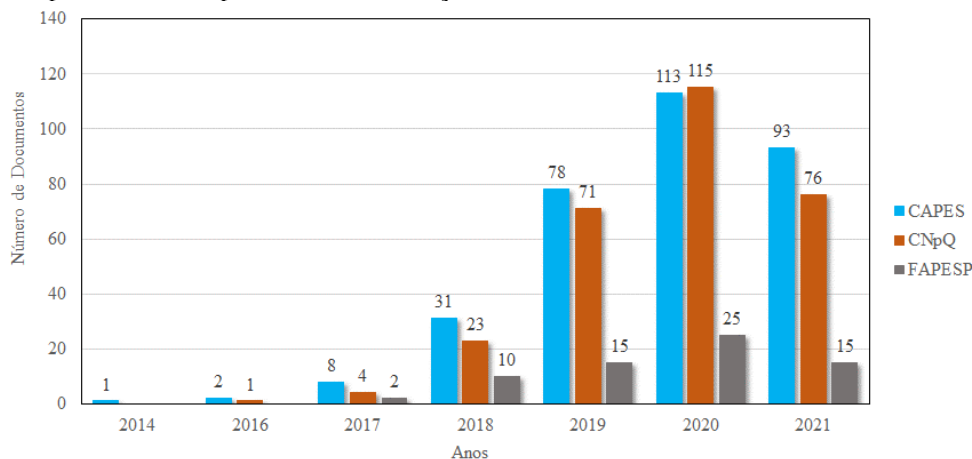


Figura 7 – Evolução comparativa de documentos publicados (2012-2021).

Nota. Fonte: Elaborado com dados extraídos da base Scopus (30.06.2021).

A Figura 8 mostra um gráfico representativo de um ranking dos quantitativos de documentos identificados, ordenado por área de estudos.

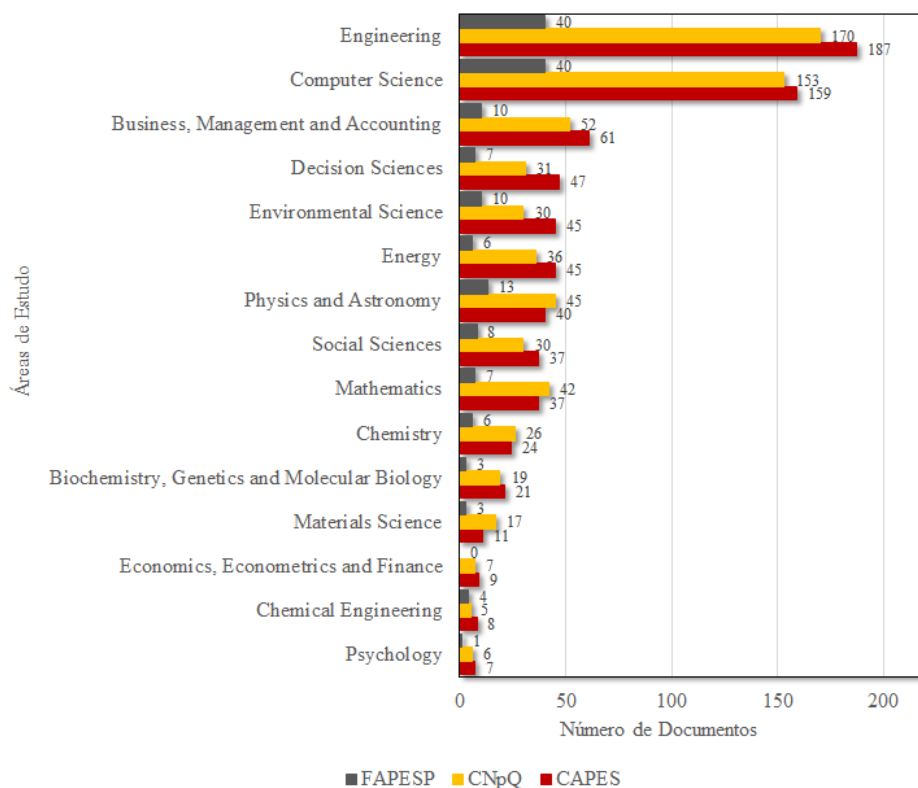


Figura 8 – Ranking de áreas de estudos dos documentos identificados (2012-2021).

Nota. Fonte: Elaborado com dados extraídos da base Scopus (30.06.2021).

Observa-se que as áreas de Engenharia, Ciência da Computação e Negócios/Gestão figuram nas três primeiras posições, respectivamente. Em todas estas áreas citadas, o maior número de documentos publicados estava associado ao patrocínio da CAPES, seguido pelo CNPQ e, por fim, FAPESP. A Figura 9 mostra a distribuição dos documentos, por tipo e por instituição. Os tipos retratados são o artigo científico, artigo de conferência, artigo de revisão e capítulo de livro.

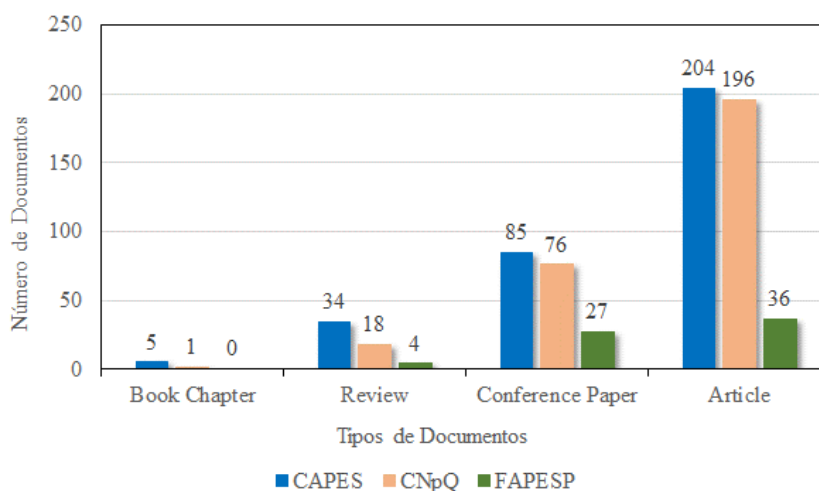


Figura 9 – Ranking de áreas de estudos dos documentos identificados (2012-2021).

Nota. Fonte: Elaborado com dados extraídos da base Scopus (30.06.2021).

O artigo científico foi o tipo de documento mais utilizado nas publicações patrocinadas pelas três instituições científicas brasileiras, seguido por artigo de conferência. Entre as publicações na forma de artigos científicos, os maiores quantitativos foram patrocinados pela CAPES e CNPQ, seguindo-se pela FAPESP. No caso dos artigos de conferências, a ordem se repete.

4.1 Estimativas de perdas de publicações sobre Indústria 4.0

Conforme ilustrado pelas figuras apresentadas anteriormente, a disseminação do conhecimento científico tem ocorrido com velocidade crescente, permitindo que resultados de pesquisas sérias e consistentes alcancem a comunidade científica mundial. Por outro lado, eventos adversos, como a crise causada pela pandemia do Covid-19, trazem muitos problemas, além das perdas humanas. Há perdas irreparáveis de pesquisadores que ainda teriam muito a contribuir com a ciência, projetos interrompidos, equipes de pesquisa desarticuladas, trabalho sério e criterioso sem finalização e tantas outras perdas.

No esforço para se apresentar o quanto se perdeu, está também a esperança de que se possa, de todas as formas honestas possíveis, recuperar ao menos uma parcela do conhecimento que não foi divulgado, que não será divulgado e que não poderá apoiar o curso normal do desenvolvimento de novos conhecimentos científicos. São estimativas, porém sinalizam para uma situação que existe no mundo real e que, de alguma forma, necessita ser superada.

A Figura 10 apresenta um gráfico com estimativa de evolução para o número de documentos publicados na base Scopus, associadas ao conceito de Indústria 4.0.

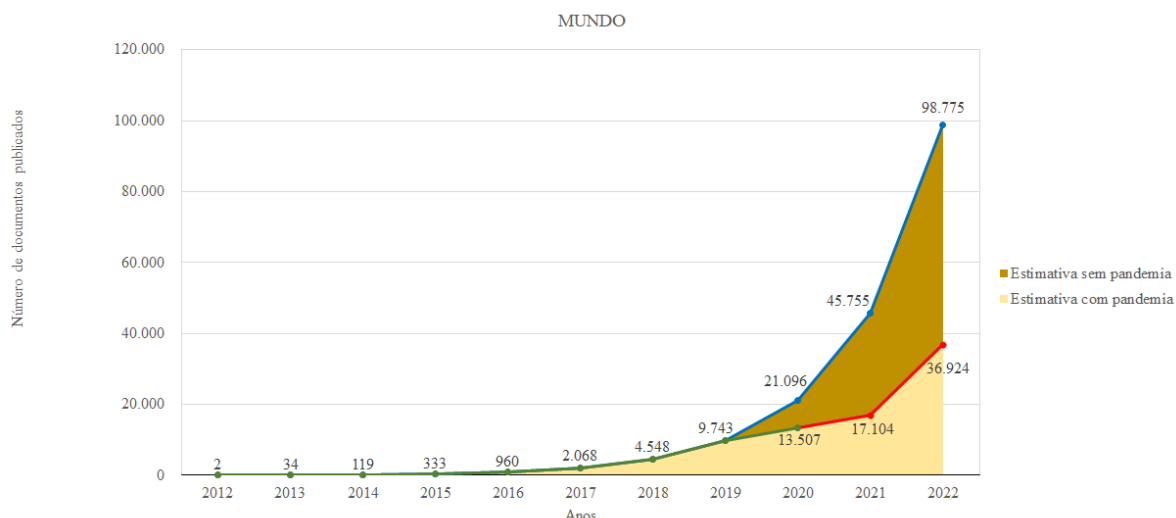


Figura 10 – Estimativa de evolução do número de documentos publicados (2012-2020).

Nota. Fonte: Cálculos efetuados a partir de dados recuperados na base Scopus.

A linha verde mostra a trajetória para os números registrados na base Scopus para o período 2012-2020. A linha vermelha mostra a trajetória para os números estimados para 2021 e 2022. A linha azul mostra a trajetória para os números estimados para 2020, 2021 e 2022. O que se objetiva é estimar dois comportamentos. O primeiro (linha vermelha) com o novo comportamento de publicações considerando os efeitos da pandemia. O segundo (linha azul) com a estimativa de comportamento de publicações desconsiderando os efeitos da pandemia. Desta forma, pode-se observar os efeitos da pandemia sobre o número de documentos publicados, na base Scopus. Para 2020, estima-se uma diferença de 7.589 documentos. Ou seja, ao invés de um quantitativo de publicações de 21.096 documentos, apenas 13.507 documentos foram publicados. Para 2021, estima-se uma diferença de 28.651 documentos. Ou seja, ao invés de um quantitativo de publicações de 45.755 documentos, apenas 17.104 documentos serão

publicados. Para 2022, estima-se uma diferença de 36.924 documentos. Ou seja, ao invés de um quantitativo de publicações de 98.755 documentos, apenas 61.851 documentos serão publicados. A Tabela 2 apresenta uma síntese dos resultados obtidos.

Tabela 2 – Síntese das estimativas de perdas em publicações (2020-2022).

Nações	2020			2021			2022			Total no Período 2020-2022		
	Esperado	Estimado	Perda	Esperado	Estimado	Perda	Esperado	Estimado	Perda	Esperado	Estimado	Perda
Mundo	13.507	21.096	-36%	17.104	45.755	-63%	36.924	98.775	-63%	67.535	165.625	-59%
Alemanha	1.301	1.501	-13%	1.190	2.125	-44%	1.649	2.945	-44%	4.140	6.570	-37%
China	1.508	2.139	-29%	2.670	4.545	-41%	5.697	9.697	-41%	9.875	16.381	-40%
Itália	1.185	2.131	-44%	1.378	5.017	-73%	3.068	11.170	-73%	5.631	18.318	-69%
EUA	1.000	1.481	-33%	1.258	3.366	-63%	2.622	7.016	-63%	4.880	11.863	-59%
Brasil	454	772	-41%	572	2.176	-74%	1.377	5.240	-74%	2.403	8.188	-71%

Nota. Fonte: Cálculos efetuados a partir de dados recuperados na base Scopus.

Para cada uma das nações relacionadas, foram calculados os valores esperado, estimado e a perda estimada. Em todos os anos considerados haverá perda, ou seja, a perda em estudos não publicados será significativa. No conjunto denominado ‘Mundo’, registram-se os valores para o conjunto total de dados das publicações, englobando todas as nações com publicações armazenadas na base Scopus e recuperadas na busca. Estima-se uma perda de 36% para 2020, 63% para 2021 e o mesmo percentual para 2022, o que significará uma perda total de 59%, no período 2020-2022. Para a Alemanha, a perda chegará a 37%. China incorrerá em perda de 40%. Itália terá perda de 69% no número de publicações. EUA perderão 59% e o Brasil registrará perda de 71% em publicações científicas. Estas perdas significam documentos que deixarão de ser publicados, muitos dos quais em razão das consequências da pandemia.

5 Considerações Finais

Considerando as estimativas efetuadas como otimistas, recorrendo-se a simples procedimentos estatísticos para o seu estabelecimento, entende-se que o estudo tenha chegado a um razoável demonstrativo do que as mudanças no ambiente provocaram e das perdas que eventos como a pandemia deixarão pelo caminho. Evidentemente, as vidas perdidas representam o que de mais importante ocorreu neste curto espaço de tempo. Este estudo apenas apresenta, além das perdas humanas, que certamente significarão o que de mais trágico significou esta pandemia, informações sobre outras consequências associadas à inteligência perdida. Estas perdas serão sentidas nos espaços das famílias, ambientes de trabalho, comunidades e, igualmente, no meio acadêmico. Neste sentido, cada perda humana significará uma interpretação pessoal do significado do conhecimento que deixará de ser pronunciada. Significará um cérebro a menos na busca pelo desenvolvimento científico. Significará um sonho a menos a se debruçar na construção do futuro. Cada documento publicado traz em si uma história, uma leitura sobre a realidade que a todos envolve. Cada documento a menos produzido representa uma perda para uma ciência que precisa avançar a passos largos. Há muito o que se produzir em termos de ciência para que a humanidade encontre novas formas de enfrentar a pobreza, a fome e as guerras inconsequentes. Cada artigo, livro, revisão, a menos, significa a contribuição de uma vida a menos neste esforço transformador.

Ao se retomar a trajetória da ciência, pode-se perceber o valor de uma publicação científica. Schumpeter publicou, Likert publicou, Cronbach publicou, Ansoff publicou, Porter publicou, Teece publicou, entre tantos professores, estudantes, pesquisadores, enfim, cientistas que fizeram muito pela ciência e pela humanidade. Estas perdas em publicações que aqui se apresentam, por meio deste estudo, por aproximadas que sejam, já oferecem uma ideia do tamanho dessa tragédia para o futuro da humanidade. Revelam, também, o tamanho do esforço e do desejo de superação que deverá renascer na consciência de cada cientista.

Este estudo apresenta limitações quanto à sofisticação do método utilizado para as estimativas, também restrição das estimativas aos valores totais. Novos estudos podem vir a empregar métodos mais precisos para as estimativas, apresentar estimativas por países, tipos de documentos, fontes, patrocinadores, autores e áreas de estudos.

Referências

- Aghimien, D., Aigbavboa, C., Oke, A., Edwards, D., Thwala, W., Roberts, C. (2021). Dynamic capabilities for digitalization in the AECO sector – a scientometric review. *Engineering, Construction and Architectural Management*, doi: 10.1108/ECAM-12-2020-1012.
- Alami, D., ElMaraghy, W. (2021). A cost benefit analysis for Industry 4.0 in a job shop environment using a mixed integer linear programming model. *Journal of Manufacturing Systems*, doi: 10.1016/j.jmsy.2021.01.014.
- Belhadi, A., Kamble, S., Gunasekaran, A., Mani, V. (2021). Analyzing the mediating role of organizational ambidexterity and digital business transformation on Industry 4.0 capabilities and sustainable supply chain performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, doi: 10.1108/SCM-04-2021-0152.
- Benzidia, S., Makaoui, N., Subramanian, N. (2021). Impact of ambidexterity of blockchain technology and social factors on new product development: A supply chain and Industry 4.0 perspective. *Technological Forecasting & Social Change*, 169, doi: 10.1016/j.techfore.2021.120819.
- Dutta, G., Kumar, R., Sindhwani, R., Singh, R. (2021). Digitalization priorities of quality control process for SMEs: A conceptual study in perspective of Industry 4.0 adoption. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 32, doi: 10.1007/s10845-021-01783-2.
- Lepore, D., Micozzi, A., Spigarelli, F. (2021). Industry 4.0 accelerating sustainable manufacturing in the COVID-19 era: Assessing the readiness and responsiveness of Italian regions. *Sustainability*, 13, 2670, doi: 10.3390/su13052670.
- Singh, R., Kumar, P., Chand, M. (2021). Evaluation of supply chain coordination index in context to Industry 4.0 environment. *Benchmarking: An International Journal*, 28(5), doi: 10.1108/BIJ-07-2018-0204.