



ConBRepro

XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



ESG nas Engenharias

30 a 02
de dezembro 2022

O ensino de engenharia a partir do contexto da indústria 5.0: uma revisão sistemática de literatura

Jocasta Oliveira Maciel
PPGEP - UTFPR- Ponta Grossa
Lezenir Mendes Betim
PPGEP - UTFPR- Ponta Grossa
Joseane Pontes
PPGEP - UTFPR - Ponta Grossa

Resumo: Com a mudança do mercado de engenharia, advindo com a transformação digital, os profissionais da engenharia precisarão desenvolver diferentes habilidades para trabalhar tanto com seres humanos quanto com máquinas e robôs na indústria 5.0. Sendo assim, o ensino de Engenharia é um ponto crucial para o avanço da sociedade 5.0, a partir de novas formas de ensinar a engenharia. Com isso, este trabalho tem como objetivo analisar as principais características do ensino de engenharia na era da indústria 5.0 através de uma revisão sistemática de literatura. Para isso, foi utilizada a metodologia de Revisão Sistemática de Literatura *Methodi In Ordinatio* nas bases *Scopus* e *Web of Science*. A busca inicial apresentou 1056 artigos que após a aplicação da *Methodi In Ordinatio* resultou em 57 artigos ranqueados. Com isso, elaborou-se um mapa das principais palavras-chave utilizadas, um gráfico da quantidade de publicações no decorrer dos anos, um gráfico dos principais periódicos que publicaram sobre a temática e, por fim, uma tabela com os 5 principais trabalhos que sugerem mudanças significativas (métodos, tecnologias e estratégias) para o ensino de engenharia na era da indústria 5.0 e da sociedade 5.0.

Palavras-chave: Indústria 5.0, Educação, Ensino de engenharia, Sociedade 5.0.

Engineering teaching from the context of industry 5.0: a systematic literature review

Abstract: With the change in the engineering market, coming with digital transformation, engineering professionals will need to develop different skills to work with both humans and machines and robots in Industry 5.0. Therefore, engineering education is a crucial point for the advancement of society 5.0, from new ways of teaching engineering. Thus, this work aims to analyze the main features of engineering education in the era of industry 5.0 through a systematic literature review. For this, the methodology of Systematic Literature Review *Methodi In Ordinatio* was used in the *Scopus* and *Web of Science* databases. The initial search showed 1056 articles which, after applying the *Methodi In Ordinatio*, resulted in 57 ranked articles. It was then prepared a map of the main keywords used, a graph of the number of publications over the years, a graph of the main journals that published on the subject and, finally, a table with the 5 main works that suggest significant changes (methods, technologies, and strategies) for engineering education in the era of industry 5.0 and society 5.0.

Keywords: Industry 5.0, Education, Engineering education, Society 5.0.

1. Introdução

O avanço tecnológico atingiu níveis de importância na quarta revolução industrial trazendo muitos benefícios para a indústria 4.0, tais como a automação dos processos e a melhoria do desempenho das máquinas. Nesse contexto, a indústria 5.0 surge como um aperfeiçoamento da indústria 4.0 e passa a ser centrada no ser humano, onde pessoas e robôs trabalham juntos, por meio de redes sociais corporativas, sem medo de insegurança no emprego, resultando em serviços personalizáveis de alto valor.(MADDIKUNTA et al., 2022).

As tecnologias não estão mudando apenas as indústrias, mas também, os seres humanos, como interagem e como aprendem. De acordo com Rodríguez-Abitia; et al., (2021), a transformação digital se potencializou na quarta revolução industrial, de forma que os mais novos membros da sociedade atual, as novas gerações, nasceram e são criados em ambientes digitais e que todo cidadão comum hoje, também utiliza as tecnologias para vários papéis, seja no trabalho, ou em interações por meio das redes sociais. Nessa perspectiva, os autores salientam que é necessário um novo tipo de educação para suprir a nova forma de aprender da sociedade 5.0.

A sociedade 5.0 tem como parte dos objetivos aprimorar a vida dos seres humanos e da sustentabilidade através das tecnologias, da inteligência artificial e de sistemas ciberfísicos, porém com o foco em ser uma sociedade centrada no ser humano.(GLADDEN, 2019).

Para Mazur; et al., (2022), a educação futura deve ser eficaz em novos métodos de ensino, incluindo o *e-learning*, que aprimoram o desenvolvimento sustentável, sendo esse, extremamente importante, em particular, para os estudantes de engenharia. Isso ocorre porque somente um profissional da engenharia com as competências adequadas tanto na área tecnológica quanto na social e ambiental poderá tomar decisões que garantam um planeta sustentável no futuro.

Segundo Gürdür Broo; et al., (2022), os currículos atuais não estão realmente preparando os alunos estudantes para a realidade do mercado, questões como inteligência artificial, ética, confiança, interação homem e máquina e suas implicações sociais, sustentabilidade (econômica, ambiental e social) ainda não fazem parte do ensino. Sendo assim, “uma engenharia de tecnologia ética e orientada para o valor na Indústria 5.0 é um tópico urgente e sensível.”(LONGO; PADOVANO; UMBRELLO, 2020).

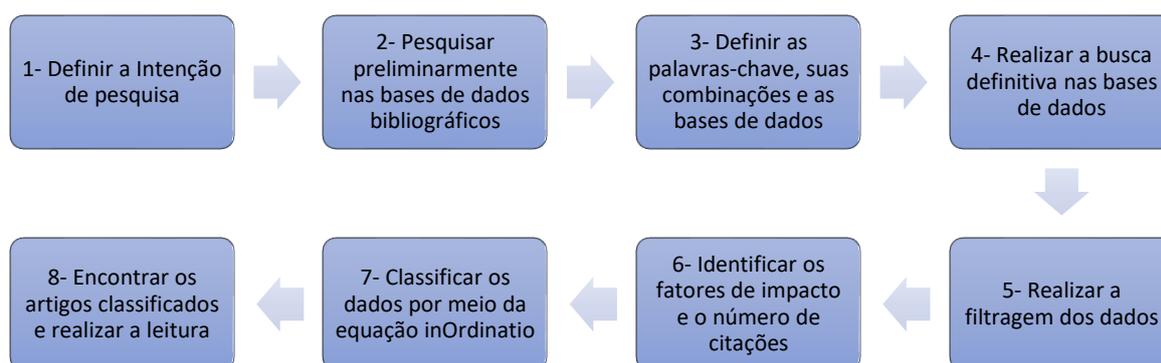
Lantada (2020), desenvolveu um estudo apresentando o conceito de *Engineering Education 5.0*, onde “a Educação em Engenharia 5.0 transcende o desenvolvimento e a aplicação da tecnologia e entra no reino da ética e do humanismo, como aspectos-chave para uma nova geração de engenheiros.” Porém, o assunto ainda é latente e necessita de pesquisas na área.

As novas formas de ensino em engenharia é um tema altamente relevante para a sociedade, visto que, o êxito no desenvolvimento sustentável, social e ético da indústria 5.0 e de novas tecnologias, dependem de vários profissionais qualificados, em especial, dos engenheiros. Nesse contexto, surge como pergunta de pesquisa: O que precisa mudar no ensino de engenharia para garantir a melhora na qualificação de competências dos profissionais da engenharia para os desafios da indústria 5.0 e da sociedade 5.0? Portanto, o objetivo desse trabalho é apresentar as principais características para o ensino de engenharia na era da indústria 5.0 a partir de uma revisão sistemática de literatura. Para isso, esse artigo está estruturado da seguinte forma: 1- Introdução, 2- metodologia, 3- resultados e discussão, 4- conclusão e por fim, referências utilizadas.

2. Metodologia

“A revisão sistemática é uma modalidade de pesquisa, que segue protocolos específicos e busca dar alguma logicidade a um grande corpus documental.” (GALVÃO; RICARTE, 2019, p. 57). Para facilitar o trabalho do pesquisador, Pagani *et al.*, (2015) criaram uma metodologia chamada *Methodi Ordinatio* que classifica os melhores artigos para determinado tema buscado, de acordo com o fator de impacto, o número de citações e o ano de publicação dos artigos. Sendo assim, considerando a relevância do tema a ser pesquisado, optou-se por essa metodologia para a realização deste trabalho. O método consiste em oito etapas conforme a figura 1.

Figura 1- Etapas da Methodi Ordinatio



Fonte: Adaptado de Pagani *et al.*, (2015)

Na primeira etapa foi definida a intenção de pesquisa, sendo essa, o ensino de engenharia na sociedade 5.0. Feito isso, realizou-se a pesquisa preliminar nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science*. Porém, o tema abrange conceitos amplos como o da educação e o da indústria 4.0 que retornavam muitos artigos, já em relação aos termos sociedade 5.0 e indústria 5.0, houve um número pouco expressivo de publicações

Dessa forma, foi necessário buscar por combinações de palavras-chave para chegar ao contexto real da pesquisa, resultando no total de 1056 artigos, conforme observado na tabela 1. Como as combinações mostraram ser mais assertivas diante do tema proposto, optou-se por não realizar o corte temporal.

Tabela 1- Resultado das combinações de Palavras-Chave nas bases de dados

Parâmetros de pesquisa				
Combinações de Palavras - Chave		A SCOPUS	B WEB OF SCIENCE	Total
1	(Industry 5.0 OR Industry 4.0) AND education AND "society 5.0"	17 resultados	42 resultados	59
2	(Industry 5.0 OR Industry 4.0) AND "Engineering education"	691 resultados	253 resultados	944
3	"Industry 5.0 " AND "education"	24 resultados	29 resultados	53
				1056

Não houve linha de corte temporal

Fonte: Autoria própria (2022)

Então, realizou-se a busca definitiva nas bases de dados e a quantidade total encontrada foram de 1056 artigos. Conforme Pagani; *et al.*, (2015) orienta, na etapa 5 foi realizada a filtragem dos dados, primeiro excluindo artigos duplicados, depois artigos que não eram apropriados para o tema pesquisado conforme a leitura do resumo, título e palavras chaves e por fim, publicações de conferências, anais e capítulos de livros. Sendo assim, chegou-se ao total de 57 artigos para o portfólio, conforme observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Etapa 5- Filtragem dos dados

Parâmetros de Filtragem					
Total de artigos nas bases de dados	Excluídos devido duplicatas	Excluídos devido palavras chaves e abstract	Excluídos de conferências	Excluídos de cap. de livros	Total final
1056	12	201	782	4	57

Fonte: Autoria própria (2022)

Em seguida, para a etapa 7, utilizou-se a planilha de Excel RankIn 1.0 disponibilizada por Pagani et al., (2015) para inserção dos dados e cálculo do ranking dos artigos. Sendo que, foram adicionados o número de citações de cada artigo através da busca no Google Scholar e o fator de impacto JCR (Journal Citation Reports) de cada Journal conforme a etapa 6.

Dessa forma, foi possível realizar a análise bibliométrica por meio da equação *InOrdinatio* proposta por Pagani *et al.*, (2015), apresentada na seguinte fórmula:

$$InOrdinatio = [(IF / 1000) + \ddot{y} * [10 - (APq - APb)] + (\ddot{y} Ci)]$$

Onde: IF: fator de impacto; \ddot{y} : Coeficiente para ranqueamento de 1 a 10 atribuído pelo próprio pesquisador, conforme a relevância do tema, sendo 10 altamente relevante; APq: ano de pesquisa; APb: Ano de publicação do artigo; e Ci: Número de citações do artigo em outras pesquisas.

Para o cálculo, foi atribuído o coeficiente $\ddot{y} = 10$, já que o tema é atual e muito relevante. Sendo assim, os artigos mais significativos para a realização desse trabalho estão ranqueados na seção resultados e discussão. Por fim, realizou-se a etapa 8 de leitura dos artigos para análise e realização desse artigo. Os softwares utilizados para essa pesquisa formam o *Mendeley*, *JabRef*, *Excel* e *Vosviewer*.

3. Resultados e Discussão

A partir da metodologia aplicada, chegou-se à classificação dos artigos de maior relevância para o tema pesquisado, onde foram ranqueados conforme a tabela 3.

Tabela 3 - Ranking de acordo com a tabela RankIn 1.0 do Methodi Ordinatio de Pagani et al., (2015)

Ranking	Autores	Artigo	Journal	Ano	InOrdinatio
1	Coskun, S., Kayikci, Y. and Gencay, E.	Adapting Engineering Education to Industry 4.0 Vision	Technologies	2019	199
2	Longo, F., Padovano, A. and Umbrello, S.	Value-Oriented and Ethical Technology Engineering in Industry 5.0: A Human-Centric Perspective for the Design of the Factory of the Future	Applied Sciences-Basel	2020	191,0027
3	Salah, B., Abidi, M.H., Mian, S.H., Krid, M., Alkhalefah, H. and Abdo, A.	Virtual Reality-Based Engineering Education to Enhance Manufacturing Sustainability in Industry 4.0	Sustainability	2019	158,0033
4	Hadgraft, R.G. and Kolmos, A.	Emerging learning environments in engineering education	Australasian Journal of Engineering Education	2020	145,0021

5	Wognum, N., Bil, C., Elgh, F., Peruzzini, M., Stjepandić, J. and Verhagen, W.J.C.	Transdisciplinary systems engineering: Implications, challenges and research agenda	International Journal of Agile Systems and Management	2019	140,0033
6	Hernandez-de-Menendez, M., Escobar Díaz, C.A. and Morales-Menendez, R.	Engineering education for smart 4.0 technology: a review	International Journal on Interactive Design and Manufacturing	2020	122,0041
7	Gürdür Broo, D., Kaynak, O., Sait, S.M.S.M., Broo, D.G., Kaynak, O. and Sait, S.M.S.M.	Rethinking engineering education at the age of industry 5.0	Journal Of Industrial Information Integration	2022	120,0101
8	Rodriguez-Abitia, G., Bribiesca-Correa, G., Rodríguez-Abitia, G., Bribiesca-Correa, G., Rodriguez-Abitia, G. and Bribiesca-Correa, G.	Assessing Digital Transformation in Universities	Future Internet	2021	118,0041
9	Hernandez-de-Menendez, M., Escobar Díaz, C. and Morales-Menendez, R.	Technologies for the future of learning: state of the art	International Journal on Interactive Design and Manufacturing	2020	117,0041
10	Trevelyan, J.	Transitioning to engineering practice	European Journal of Engineering Education	2019	114,0041
11	Carayannis, E.G. and Morawska-Jancelewicz, J.	The Futures of Europe: Society 5.0 and Industry 5.0 as Driving Forces of Future Universities	Journal Of The Knowledge Economy	2022	109
12	Gajek, A., Fabiano, B., Laurent, A. and Jensen, N.	Process safety education of future employee 4.0 in Industry 4.0	Journal Of Loss Prevention In The Process Industries	2022	107,0037
13	Zhang, J.X., Zhang, Z.Y., Philbin, S.P., Huijser, H., Wang, Q. and Jin, R.Y.	Toward next-generation engineering education: A case study of an engineering capstone project based on BIM technology in MEP systems	Computer Applications In Engineering Education	2022	103,0015
14	Ralph, B.J., Woschank, M., Pacher, C. and Murphy, M.	Evidence-based redesign of engineering education lectures: theoretical framework and preliminary empirical evidence	European Journal Of Engineering Education	2022	102,0041
15	Motyl, B. and Filippi, S.	Trends in engineering education for additive manufacturing in the industry 4.0 era: a systematic literature review	International Journal on Interactive Design and Manufacturing	2021	101,0041
16	Curiel-Ramirez, L.A., Bautista-Montesano, R., Galluzzi, R., Izquierdo-Reyes, J., Ramirez-Mendoza, R.A. and Bustamante-Bello, R.	Smart Automotive E-Mobility-A Proposal for a New Curricula for Engineering Education	Education Sciences	2022	101,0021
17	Sörensen, A., Mitra, R., Hulthén, E., Hartmann, T. and Clausen, E.	Bringing the Entrepreneurial Mindset into Mining Engineering Education	Mining, Metallurgy and Exploration	2022	101,0013

18	Mazur, B. and Walczyna, A.	Sustainable Development Competences of Engineering Students in Light of the Industry 5.0 Concept	SUSTAINABILITY	2022	100,0033
19	Ghani, A.	Engineering education at the age of Industry 5.0 - higher education at the crossroads	World Transactions on Engineering and Technology Education	2022	100,0026
20	Chaengpromma, N. and Pattanapiroj, S.	A gap study between industry expectations and current competencies of bachelor's degree graduates in industrial engineering in Thailand 4.0 era: A case study of industrial engineering graduates of Khon Kaen University	Cogent Education	2022	100,0017
21	Varadarajan, S.	Contradictions and paradoxes in design-centric engineering education: a complex responsive processes perspective	International Journal Of Technology And Design Education	2022	100
22	Petrenko, A.	Inevitable changes in the IT industry. Training in the conditions of the fifth industrial revolution (industry 5.0)	System Research And Information Technologies	2022	100
23	Julius Fusic, S., Anandh, N., Anitha, D., Sugumari, T., Sri Vinodhini, H., Fusic, S.J., Anandh, N., Anitha, D., Sugumari, T. and Vinodhini, H.S.	Impact of implementing project-based assignment (PBA) in CDIO framework for computer numerical control application course	Computer Applications In Engineering Education	2022	100
24	Hasan, M.Z., Mallik, A. and Tsou, J.-C.	Learning method design for engineering students to be prepared for Industry 4.0: a Kaizen approach	Higher Education, Skills And Work-Based Learning	2021	99,0017
25	Mingaleva, Z. and Vukovic, N.	Development of engineering students competencies based on cognitive technologies in conditions of industry 4.0	International Journal Of Cognitive Research In Science, Engineering And Education	2020	97,0018
26	Rivera, F.-L., Hermosilla, P., Delgadillo, J. and Echeverría, D.	Proposal for the construction of innovation skills in engineering education in the context of industry 4.0 and sustainable development goals (SDG)	Formacion Universitaria	2021	96,0018
27	Mogos, R.I., Bodea, C.N., Dascalu, M.I., Safonkina, O., Lazarou, E., Trifan, E.L. and Nemoianu, I.V.	Technology enhanced learning for industry 4.0 engineering education	Revue Roumaine Des Sciences Techniques-Serie Electrotechnique Et Energetique	2018	96,00044
28	Costan, E., Gonzales, G., Gonzales, R.,	Education 4.0 in Developing Economies: A Systematic	Sustainability	2021	95,00325

	Enriquez, L., Costan, F., Suladay, D., Atibing, N.M., Aro, J.L., Evangelista, S.S., Maturan, F., Selerio, E. and Ocampo, L.	Literature Review of Implementation Barriers and Future Research Agenda			
29	Munoz-La Rivera, F., Hermosilla, P., Delgadillo, J., Echeverria, D., Rivera, F.-L., Hermosilla, P., Delgadillo, J. and Echeverría, D.	The sustainable development goals (SDGs) as a basis for innovation skills for engineers in the industry 4.0 context	Sustainability (Switzerland)	2020	95
30	Vodovozov, V., Raud, Z. and Petlenkov, E.	Challenges of active learning in a view of integrated engineering education	Education Sciences	2021	94,0021
31	Lantada, A.D.	Engineering education 5.0: Continuously evolving engineering education	International Journal Of Engineering Education	2020	94,00097
32	Pattanapairoj, S., Nitisiri, K. and Sethanan, K.	A Gap Study between Employers' Expectations in Thailand and Current Competence of master's degree Students in Industrial Engineering under Industry 4.0	Production Engineering Archives	2021	94,0006
33	Toprak, M., Bayraktar, Y., Yorgun, S. and Ozyilmaz, A.	Digital Transformation, Research University and Restructuring of Higher Education: A Model Proposal for Istanbul University Faculty of Economics	Journal Of Economy Culture And Society	2021	94
34	Ishimaru, D., Adachi, H., Nagahara, H., Shirai, S., Takemura, H., Takemura, N., Mehrasa, A., Higashino, T., Yagi, Y. and Ikeda, M.	Characteristics of Adaptation in Undergraduate University Students Suddenly Exposed to Fully Online Education During the COVID-19 Pandemic	Frontiers In Psychiatry	2021	93,00416
35	Yoshino, R.T., Pinto, M.M.A., Pontes, J., Treinta, F.T., Justo, J.F. and Santos, M.M.D.	Educational Test Bed 4.0: a teaching tool for Industry 4.0	European Journal Of Engineering Education	2020	93,0041
36	Korkmaz, G. and Kalayci, N.	Theoretical Foundations of Project Based Curricula in Higher Education	Cukurova University Faculty Of Education Journal	2019	92
37	Thirunavukarasu, G., Chandrasekaran, S., Betageri, V.S. and Long, J.	Assessing Learners' Perceptions of Graduate Employability	Sustainability	2020	91,00325
38	Barbieri, G., Garces, K., Abolghasem, S., Martinez, S., Pinto, M.F., Andrade, G., Castro, F. and Jimenez, F.	An Engineering Multidisciplinary Undergraduate Specialty with Emphasis in Society 5.0	International Journal Of Engineering Education	2021	91,00097
39	de Miranda, S.S.F., Córdoba-Roldán, A., Aguayo-González, F. and Ávila-Gutiérrez, M.J.	Neuro-competence approach for sustainable engineering	Sustainability (Switzerland)	2021	91

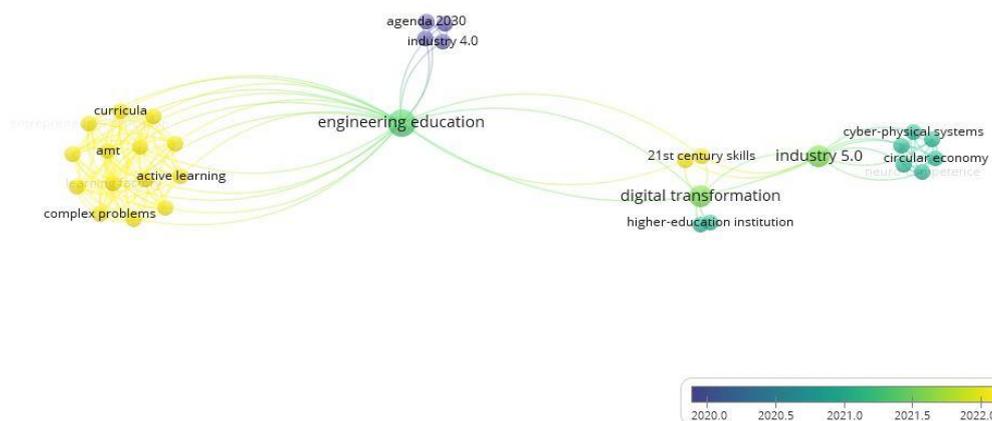
40	Salah, B., Khan, S., Ramadan, M. and Gjeldum, N.	Integrating the concept of industry 4.0 by teaching methodology in industrial engineering curriculum	Processes	2020	90,00285
41	Johnson, C.A.N., Bin Daud, M.F., Bin Arsat, M., Hussin, W. and Egba, E.I.	The Effect of Computer Software Interaction on Students Cognitive Abilities Enhancement	International Journal Of Emerging Technologies In Learning	2021	90,0026
42	Lutsenko, H.V.	Visual Paradigm Software Environment In Learning The Project Work Technology For Engineering Students	Information Technologies And Learning Tools	2021	90
43	Bautista-Moncada, C., Buhangin, J.F. and Angalan, N.Q.	Review of Industry 4.0 Competencies and Virtual Learning Environment in Engineering Education	International Journal Of Engineering Education	2020	87,00097
44	Sethakul, P. and Utakrit, N.	Challenges and Future Trends for Thai Education: Conceptual Frameworks into Action	International Journal Of Engineering Pedagogy	2019	83,002
45	Bordel, B., Alcarria, R. and Robles, T.	Industry 4.0 paradigm on teaching and learning engineering	International Journal Of Engineering Education	2019	83,00097
46	Kulkarni, P.M., Deshpande, A.S., Arunkumar, P. and Tiwary, V.	Personality traits and Industry 4.0 - A new dimension for engineering education	International Journal Of Continuing Engineering Education And Life-Long Learning	2020	82,001
47	Jamila, E.H.	Implementing a flipped classroom structure in engineering education to improve the soft skills	Journal Of Engineering Education Transformations	2020	82,0004
48	Terkowsky, C., Frye, S. and May, D.	Online engineering education for manufacturing technology: Is a remote experiment a suitable tool to teach competences for "Working 4.0"?	European Journal Of Education	2019	81,00171
49	Talib, C.A., Aliyu, F., Malik, A.M.B. and Siang, K.H.	Enhancing Students' Reasoning Skills in Engineering and Technology through Game-Based Learning	International Journal Of Emerging Technologies In Learning	2019	80,0026
50	González-Hernández, I.J., Granillo-Macías, R., Gonzalez-Hernandez, I.J., Granillo-Macias, R., González-Hernández, I.J. and Granillo-Macías, R.	Competences of Industrial Engineers in Industry 4.0	Revista Electronica De Investigacion Educativa	2020	80,0018
51	Kong, X., Lu, W., Guo, Q., Zhu, Y., Zhang, F. and Li, B.	A new approach for engineering education reform of power system	International Journal of Engineering Education	2020	80,00097
52	Becerra, L.Y.	Information and Communication Technologies in the Era of the Fourth Industrial Revolution: Technological Trends and	Entre Ciencia E Ingenieria	2020	80

		Challenges in Engineering Education			
53	Tseng, C.T., Lee, C.Y. and Tai, K.C.	Development and Assessment of a Mold Design Curriculum Corresponding to Industry 4.0 Based on the CDIO Principles	International Journal of Engineering Education	2019	75,00097
54	Sham, R.M., Senik, Z.C. and Danial, M.A.	Exploring engineering-educators' perceptions and challenges on the IR 4.0 at a Technical University in Malaysia	International Journal of Advanced Trends In Computer Science And Engineering	2019	72
55	Nesterov, A., Kholodilin, I., Shishkov, A. and Vanin, P.	Augmented reality in engineering education: Opportunities and advantages	Communications - Scientific Letters Of The University Of Žllina	2017	72
56	Sulianta, F., Sapriya, Supriatnac, N. and Disman	Digital content model to promote literacy in society version 5.0 using the social study education perspective	International Journal of Innovation, Creativity and Change	2019	70
57	Sorko, S.R. and Irsa, W.	Engineering education - Status quo in Austria in comparison with the academic field of business education	Turkish Online Journal of Educational Technology	2016	49

Fonte: Autoria própria (2022)

Após o ranqueamento, foi realizada a leitura dos artigos conforme indicado na etapa 8. Analisando os artigos obtidos após a aplicação da metodologia, elaborou-se um mapa através do software Vosviewer da quantidade de palavras-chave utilizadas nos artigos. De acordo com a figura 2, percebe-se que os termos *engineering education*, *digital transformation* e *Industry 5.0* são os mais frequentes, por isso, se destacam. Sendo que *engineering education* é o maior cluster e o que faz ligação com os outros termos demonstrando o alinhamento da pesquisa com o tema proposto.

Figura 2 - Mapa de Palavras-chave

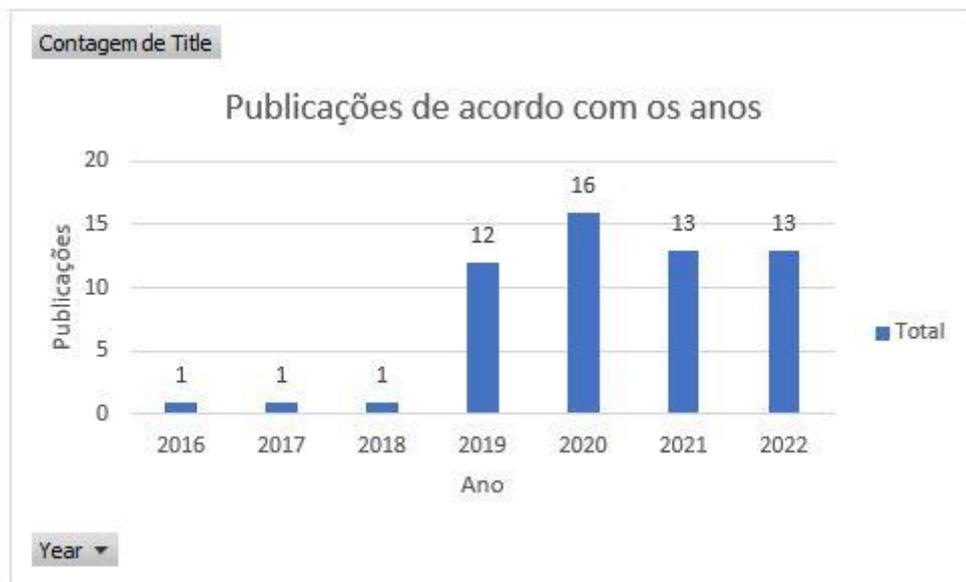


Fonte: Autoria própria (2022)

Nota-se, que através dos anos os artigos foram evoluindo de indústria 4.0 em 2020 para indústria 5.0 na metade de 2021 e com isso, trouxe várias questões dentro da educação em engenharia, como é possível perceber nas palavras chaves em amarelo em 2022, problemas complexos, aprendizado ativo, currículo e habilidades do século 21. Também, foi elaborado no gráfico 1, uma comparação de publicações no decorrer dos anos para avaliar a importância da temática pesquisada e a sua atualidade. Observa-se que no

portifólio analisado, 2020 foi o ano de maior publicação com o tema, porém a tendência é que 2022 ultrapasse esse marco, já que esse trabalho foi realizado em julho de 2022. Portanto, o crescente número de publicações referentes ao tema confirma a relevância dessa pesquisa.

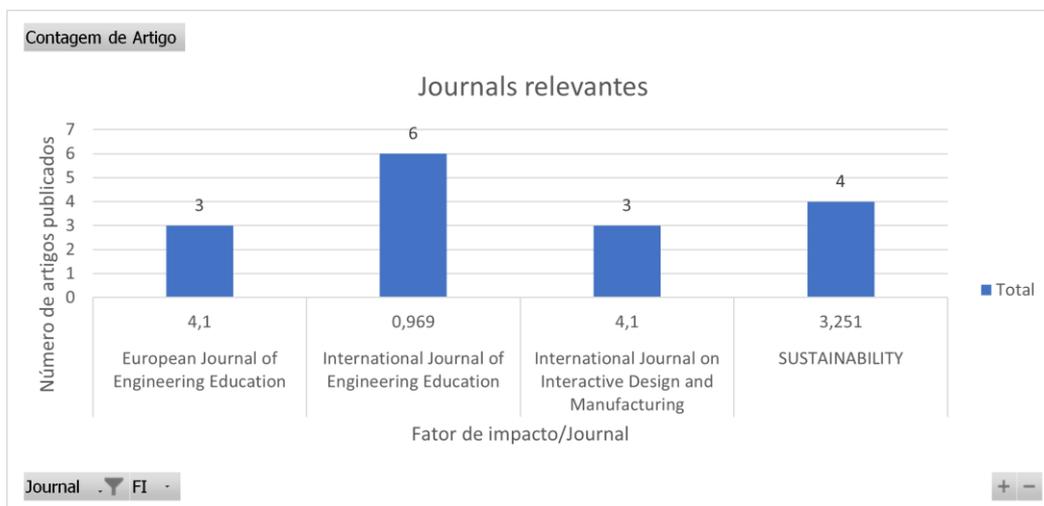
Gráfico 1- Número de publicações de Artigos referentes ao tema com o decorrer dos anos



Fonte: Autoria própria (2022)

Quanto aos periódicos de maior relevância para a temática, elaborou-se o gráfico 2 considerando os de maior fator de impacto e o número de publicações de artigos no tema pesquisado.

Gráfico 2- Periódicos mais relevantes



Fonte: Autoria própria (2022)

Após a leitura dos artigos, elaborou-se a tabela 4 com os 5 principais trabalhos que mostram características pertinentes às mudanças significativas (teoria, método, tecnologia e estratégias e chave para o sucesso) para o ensino de engenharia na era da indústria 5.0 e da sociedade 5.0.

Tabela 4- Características para o ensino de engenharia na era da indústria 5.0

Características	Explicação	Autores e ano
<i>Teoria</i>	Teoria de Kolb: Conhecimento através da experiência, seja na criação de novas ideias, na aplicação do conteúdo diretamente, ou de feedback das ações realizadas.	(COSKUN; KAYIKCI; GENÇAY, 2019)
<i>Método</i>	Value Sensitive Design (VSD): método desenvolvido para auxiliar engenheiros e designers na criação de projetos que permitam a simbiose entre homem-máquina de forma ética, incorporando valores humanos em todo o processo.	(LONGO; PADOVANO; UMBRELLO, 2020)
<i>Tecnologia</i>	Realidade Virtual (VR): Novas tecnologias como a VR é crucial para treinar a nova geração. Neste trabalho utilizou-se uma metodologia baseada em estudos de caso através de VR para ensinar os alunos.	(SALAH et al., 2019)
Estratégias de Ensino	Os autores apresentaram quatro estratégias de ensino: 1- Aprendizado ao longo da vida e educação transdisciplinar, 2- módulos de sustentabilidade, resiliência e design centrado no ser humano, 3- cursos práticos de fluência e gerenciamento de dados, 4- cursos de agente humano experiências de interação /máquina/robô/computador.	(GÜRDÜR BROO et al., 2022)
Chaves para a Engenharia 5.0	O autor criou 16 chaves para evoluir a educação de engenharia em 5.0, são elas: 1- Ensino dinâmico e em constante evolução, 2- modular e flexível, 3- Personalizado tanto para pessoal, quanto profissional, 4- Focado em sustentabilidade e solidariedade, 5-Abordagem combinada entre conhecimento e resultados, 6- holística/transdisciplinar, 7-humanista, 8- guiados pela ética, 9- colaborativo e de código aberto, 10- Experiências internacionais, 11- Estágios acadêmicos externos, 12- Aprendizagem baseada em projetos e híbrido com serviços, 13- Auxiliado por IA, 14- Orientado para aprendizagem ao longo da vida, 15- Agradável para melhores resultados, 16-Equitativo.	(LANTADA, 2020)

Fonte: Autoria própria (2022)

Um ponto em comum entre os artigos analisados na tabela 4 é que todos eles apresentaram possíveis soluções para o ensino de engenharia considerando os desafios da indústria 5.0 e da sociedade 5.0. Entre os resultados apresentados, algumas estratégias como o uso de tecnologia para treinamento, a educação transdisciplinar, o ensino dinâmico e personalizado, a ética, o ensino equitativo e o aprendizado ao longo da vida são cruciais para a formação do Engenheiro 5.0. Percebe-se também, que o uso das tecnologias digitais pode facilitar o aprendizado do aluno conforme mostrado no artigo de SALAH; et al., 2019, onde foram utilizados realidade virtual e estudos de casos reais para ensinar conceitos avançados de manufatura e o resultado foi melhor que o ensino tradicional em termos de compreensão e satisfação dos usuários, menor quantidade de erros e menor tempo de aprendizado. Além disso, houve ainda melhoria nas *soft skills* dos alunos.

4. Conclusão

O objetivo deste artigo foi de apresentar as principais características para o ensino de engenharia na era da indústria 5.0 a partir de uma revisão sistemática de literatura. Conforme o portfólio analisado, verificou-se a discussão sobre o que precisa mudar no ensino de engenharia para garantir profissionais preparados para os desafios da indústria 5.0 e da sociedade 5.0. O objetivo foi concluído mostrando os principais artigos elaborados sobre a temática.

Foram analisados 57 artigos que discutem sobre a necessidade de mudanças na educação e no ensino de engenharia para adequar os profissionais a nova realidade da indústria 5.0. Com isso, foi possível perceber que questões como a ética, a equidade, a sustentabilidade, o foco no ser humano, as novas formas de aprendizado, o desenvolvimento de *soft skills*, o uso de tecnologia e a inteligência artificial são comuns e relevantes nos estudos.

Portanto, os Engenheiros têm um papel chave na sociedade 5.0, logo a inovação da educação precisa ser uma prioridade. Para isso, será necessário um pensamento universitário voltado ao futuro do trabalho, da sociedade e do meio ambiente, buscando novas formas de ensinar e aprender, parcerias com organizações, desenvolvimento de novas *hard*, *soft* e *digital skills*, além de acompanhar a literacia digital de estudantes e professores. Mudanças de currículos serão necessários, bem como quebra de paradigmas acadêmicos e organizacionais. Para estudos futuros sugere-se aprofundar nas novas formas de aprendizado dos alunos e novas formas de avaliações.

Agradecimentos: Este artigo foi desenvolvido com o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências

COSKUN, S.; KAYIKCI, Y.; GENÇAY, E. Adapting Engineering Education to Industry 4.0 Vision. **TECHNOLOGIES**, v. 7, n. 1, 2019.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. Revisão Sistemática Da Literatura: Conceituação, Produção E Publicação. **Logeion: Filosofia da Informação**, v. 6, n. 1, p. 57–73, 2019.

GLADDEN, M. E. Who will be the members of Society 5.0? Towards an anthropology of technologically posthumanized future societies. **Social Sciences**, v. 8, n. 5, 2019.

GÜRDÜR BROO, D. et al. Rethinking engineering education at the age of industry 5.0. **JOURNAL OF INDUSTRIAL INFORMATION INTEGRATION**, v. 25, n. May 2021, p. 100311, 1 jan. 2022.

LANTADA, A. D. Engineering education 5.0: Continuously evolving engineering education. **International Journal of Engineering Education**, v. 36, n. 6, p. 1814–1832, 2020.

LONGO, F.; PADOVANO, A.; UMBRELLO, S. Value-Oriented and Ethical Technology Engineering in Industry 5.0: A Human-Centric Perspective for the Design of the Factory of the Future. **APPLIED SCIENCES-BASEL**, v. 10, n. 12, 2020.

MADDIKUNTA, P. K. R. et al. Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 26, p. 100257, 2022.

MAZUR, B.; WALCZYNA, A. Sustainable Development Competences of Engineering Students in Light of the Industry 5.0 Concept. **SUSTAINABILITY**, v. 14, n. 12, 2022.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109–2135, 2015.

RODRÍGUEZ-ABITIA, G. et al. Assessing Digital Transformation in Universities. **Future Internet**, v. 13, n. 2, p. 1–17, 2021.

SALAH, B. et al. Virtual Reality-Based Engineering Education to Enhance Manufacturing Sustainability in Industry 4.0. **SUSTAINABILITY**, v. 11, n. 5, 2019.