

## Competências dos Engenheiros na Indústria 4.0

### Competencies of Engineers in Industry 4.0

### Competencias de los Ingenieros en la Industria 4.0

Recebido: 21/05/2022 | Revisado: 10/06/2022 | Aceito: 16/06/2022 | Publicado: 17/06/2022

#### **Luis Antonio Mendes de Mesquita Araujo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7638-8652>  
Universidade Paulista, Brasil  
E-mail: [lamma82@gmail.com](mailto:lamma82@gmail.com)

#### **Márcia Terra da Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5314-4978>  
Universidade Paulista, Brasil  
E-mail: [marcia.terra@uol.com.br](mailto:marcia.terra@uol.com.br)

#### **José Geraldo Basante**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8444-1441>  
Universidade Paulista, Brasil  
E-mail: [gbasante@gmail.com](mailto:gbasante@gmail.com)

#### **Resumo**

A Indústria 4.0 ganhou destaque na última década, tornando-se fundamental em ambientes fabris; essa conjuntura impôs mudanças nas competências exigidas dos funcionários que atuam nas instituições. O artigo pretende compreender quais as competências que os profissionais de engenharia devem ter para atuar nesta recente metodologia de produção. O trabalho foi desenvolvido por meio de uma revisão sistemática da literatura, utilizando a base de dados Scopus como mecanismo de busca, e teve como strings expressões relacionadas à indústria 4.0, habilidades de engenharia e treinamento em engenharia. O software IRAMUTEQ também foi utilizado para apoiar as interpretações da pesquisa. Os resultados mostraram um conjunto de habilidades necessárias para que os engenheiros trabalhem na indústria 4.0: habilidades pessoais, sociais, de ação, metodológicas e técnicas. Além disso, com o uso do software IRAMUTEQ, foi possível criar nuvens de palavras utilizando artigos da pesquisa; essa nuvem destacou as expressões: Industry, Competency, Learn, Technology, Education and Research., concluindo que dentro do tema, esses aspectos são de fundamental importância.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0; Ensino; Competências; Engenharia.

#### **Abstract**

Industry 4.0 has gained prominence in the last decade, becoming fundamental in manufacturing environments; this situation imposed changes in the skills required of employees working in the institutions. The article intends to understand what skills engineering professionals must have to work in this recent production methodology. The work was developed through a systematic literature review, using the Scopus database as a search engine, and had as strings expressions related to industry 4.0, engineering skills and engineering training. IRAMUTEQ software was also used to support research interpretations. The results showed a set of skills necessary for engineers to work in Industry 4.0: personal, social, action, methodological and technical skills. Furthermore, using the IRAMUTEQ software, it was possible to create word clouds using research articles; this cloud highlighted the expressions: Industry, Competence, Learning, Technology, Teaching and Research., concluding that within the theme, these aspects are of fundamental importance.

**Keywords:** Industry 4.0; Teaching; Competencies; Engineering.

#### **Resumen**

La Industria 4.0 ha ganado protagonismo en la última década, convirtiéndose en fundamental en los entornos de fabricación; esta situación impuso cambios en las competencias requeridas a los empleados que laboran en las instituciones. El artículo pretende comprender qué habilidades deben tener los profesionales de la ingeniería para trabajar en esta reciente metodología de producción. El trabajo se desarrolló a través de una revisión sistemática de la literatura, utilizando la base de datos Scopus como motor de búsqueda, y tuvo como cadenas expresiones relacionadas con la industria 4.0, las habilidades de ingeniería y la formación en ingeniería. El software IRAMUTEQ también se utilizó para respaldar las interpretaciones de la investigación. Los resultados mostraron un conjunto de habilidades necesarias para que los ingenieros trabajen en la Industria 4.0: habilidades personales, sociales, de acción, metodológicas y técnicas. Además, utilizando el software IRAMUTEQ fue posible crear nubes de palabras a partir de artículos de investigación; esta nube destacó las expresiones: Industry, Competence, Learning, Technology, Teaching and Research., concluyendo que dentro del tema, estos aspectos son de fundamental importancia.

**Palabras clave:** Industria 4.0; Enseñanza; Competencias; Ingeniería.

## 1. Introdução

Neste trabalho são debatidas as adaptações contínuas que os avanços da tecnologia no processo produtivo impõem aos operadores que atuam na indústria 4.0, especificamente, na atuação dos engenheiros.

Nos últimos anos, o surgimento dos sistemas de digitalização das operações produtivas, promoveu um conjunto de mudanças que transformaram a realidade das manufaturas, tendo recebido o nome de Indústria 4.0 na Alemanha, termo que se espalhou rapidamente na literatura. Apesar da literatura abrangente tratando de diferentes aspectos da Indústria 4.0, não há consenso sobre uma definição dessa abordagem produtiva, como pode ser visto no Quadro 1.

Observa-se que os autores diferem quanto às tecnologias mais importantes nessa transformação e quanto à ênfase dada aos aspectos tecnológicos ou aos benefícios que proporcionam.

**Quadro 1** – Conceitos de Indústria 4.0.

Conceito de Indústria 4.0	Autor	Ano
Ambiente industrial onde as fábricas são automatizadas e inteligentes, nas quais as máquinas, produtos, serviços, dispositivos, operadores e os clientes estão conectados.	Kleindienst, et al.	2016
Processo de fabricação automatizado, com elementos conectados por meio de sensores e reguladores, para o uso de Internet das Coisas (IoT) e sistemas Ciber-Físicos (CPS), possibilitando especialização e flexibilidade da produção.	Nigam & Talcoot	2022
São manufaturas munidas de tecnologias como Inteligência Artificial (IA), Sistemas Ciber-Físicos, Internet das Coisas e Computação em Nuvem. As tecnologias são integradas para assegurar o automonitoramento do processo.	Cao, et al.	2022
Na indústria 4.0 os maquinários são equipados com sensores, atuadores, além de outros aparatos digitais, que possibilitam que se conectem autonomamente para um sistema autogerenciado e com a mínima ação humana.	Panda, Mondal & Kumar	2022
A indústria 4.0 é impulsionada por elementos tecnológicos, como Internet das Coisas, Sistemas Ciber-Físicos, que propicia automação, conectividade, aprendizado de máquina e diagnóstico simultâneo.	Yuan, et al.	2022
A indústria 4.0 é compreendida como o uso de fontes inteligentes, uso de sistemas robotizados, e armazenamento e processamento de dados de maneira segura.	Morais et al.	2020

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Constata-se que as operações produtivas aumentam a utilização dos novos mecanismos tecnológicos para se posicionarem competitivamente, fazendo com que o arcabouço de conhecimentos técnicos que permeiam a indústria 4.0 seja questão fundamental em qualquer ambiente produtivo.

Diante do exposto, questiona-se como se modifica o papel dos operadores que trabalham nesse ambiente produtivo, especificamente, a atuação dos profissionais de engenharia, técnicos que para Cala e Borowski (2018) agem na geração, produção, alteração e manutenção de mecanismos, procedimentos e sistemas, empregando conhecimentos técnicos e científicos.

Miquilim e Silva (2019) defendem a necessidade de uma instrução mais abrangente para os engenheiros, englobando a capacitação para o empreendedorismo inovador, pois em virtude das alterações tecnológicas vividas, entende-se que o profissional de engenharia deve indicar as inovações que serão fundamentais para a sociedade.

A mudança tecnológica do ambiente fabril impacta a atuação do engenheiro, principalmente no que se refere às competências utilizadas para suas atividades no ambiente manufatureiro. No contexto dessa pesquisa, competência é entendida como a capacidade do operador cumprir as tarefas a ele designado (Erol et al., 2016).

Sendo assim, sabendo que a matriz tecnológica industrial foi alterada, o objetivo desse artigo é identificar as competências necessárias para os engenheiros que operam no ambiente industrial 4.0.

### 1.1 Perfil do engenheiro na indústria 4.0

A alta competição global e o acelerado desenvolvimento tecnológico, aliados à percepção dos clientes acerca da qualidade dos bens e serviços, promoveram a necessidade de estratégias e métodos avançados de produção. Para responder a esses obstáculos, as organizações tradicionais estão se utilizando de tecnologias digitais para chegarem a uma maior automação e produtividade (Cao, et al., 2022).

Corroborando com esses aspectos, Cala e Borowski (2018) afirmam que as economias globais estão atravessando um momento de enormes transformações, gerando adversidades para empresas, que só podem ser enfrentadas com o apoio de experiência, competência e habilidades dos funcionários.

Assim, fica evidente que as empresas precisam de profissionais que estejam adaptados às conjunturas tecnológicas e que o profissional de engenharia, por seu perfil de concepção de bens e serviços, além da organização do ambiente produtivo, está intimamente ligado a essas questões. Portanto, nesse artigo são exploradas as características que devem permear a ação do engenheiro no ambiente da Indústria 4.0.

Erol et al., (2016) apontam um conjunto de competências que são essenciais para o desenvolvimento das atividades de engenharia dentro de um ambiente produtivo no âmbito de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0: competências pessoais, sociais, de ação e de domínio.

Já Hecklau et al., (2016) defendem um conjunto de quatro competências importantes para analisar os requisitos do trabalho: competências técnicas, metodológicas, sociais e pessoais.

O Quadro 2 a seguir resume e compara as competências para a Indústria 4.0 segundo esses dois autores.

**Quadro 2** – Conceituação dos tipos de Competências de acordo com os autores citados.

Competências	Conceitos para Erol et. al.	Conceitos para Hecklau et. al.
Competências pessoais	Compreendida como a capacidade de um indivíduo atuar de maneira reflexiva e independente, também pode ser entendida como a capacidade de aprimorar habilidades cognitivas, bem como agir com autonomia e um composto de valores éticos.	São valores e motivações pessoais, como flexibilidade, tolerância à ambiguidade, motivação para aprender, capacidade de trabalhar sob pressão e mentalidade sustentável.
Competências sociais/interpessoais	Relaciona-se à competência de comunicação, cooperação e conexão com os outros indivíduos e grupos, sempre que a circunstância assim o exigir.	Referem-se às habilidades de linguagem e de comunicação, habilidades interculturais, habilidades de criação de rede, habilidade de trabalhar em equipe, capacidade de compreensão e de manter cooperação, capacidade de transferência de conhecimento e habilidades de liderança.
Competências de ação	Refere-se à capacidade de tornar planos em ações reais, não apenas no nível pessoal, mas também no nível organizacional.	
Competências metodológicas		Abrangem criatividade, pensamento empreendedor, capacidade de resolução de problemas e conflitos, poder de tomada de decisão, habilidades analíticas, habilidades de pesquisa e orientação para buscar eficiência.
Competência de domínio ou Competências técnicas	Capacidade de uso de conhecimento para realização de tarefa específica, como metodologias, linguagens, ferramentas que são fundamentais para um problema que vai além das tarefas básicas.	Dizem respeito ao conhecimento necessário para a realização do trabalho, como habilidades técnicas, compreensão do processo, habilidades de uso das mídias, capacidade de codificações e entendimento de segurança em tecnologias de informação.

Fonte: A partir de Erol et al. (2016) e Hecklau et al. (2016).

As duas conceituações são bastante semelhantes, com uma pequena diferença entre as competências de ação e as metodológicas, já que Hecklau et al. Especificam mais detalhadamente os tipos de competências. As duas conceituações serão levadas em conta ao analisar a bibliografia.

## 2. Metodologia

O trabalho foi construído por meio de uma revisão sistemática da literatura, que, de acordo com Coutinho et al., (2015), é uma ação guiada por protocolos e resumos de estudos com atenção a um assunto de pesquisa e centrado em questões-chaves. Para Petticrew, M., e Roberts, H. (2008) as revisões sistemáticas são um método de pesquisa científica em que são efetuadas revisões de literatura, objetivando identificar, avaliar e sintetizar os estudos pertinentes acerca de um tema para responder a uma ou mais questões de pesquisas formuladas. Para isso, a revisão foi organizada em quatro etapas: Planejamento, Ação de busca no motor de pesquisa escolhido, a Seleção e Exclusão de artigos e Análise dos resultados, que foram detalhados em passos operacionais da estrutura de Sampaio e Mancini (2007).

No Planejamento é definida a pergunta de pesquisa, especificando as variáveis de interesse, as bases de dados, as palavras-chave e estratégias de busca, além de estabelecer critérios de inclusão e exclusão para a seleção dos artigos a serem analisados.

Nesta revisão, buscou-se responder à pergunta de pesquisa: quais as competências necessárias para os engenheiros que operam no ambiente da Indústria 4.0? Foi utilizada a base de dados SCOPUS, em 26 de abril de 2022, por reunir artigos revisados por pares e de fácil acesso. As strings que contemplaram as demandas da pesquisa foram: “engineering”, “industry 4.0”, education e competenc\*. Como critério de inclusão foi definido ter acesso ao artigo completo e ser escrito em língua inglesa. Foi prevista a verificação e exclusão de artigos duplicados. Como critério de exclusão, além dos artigos duplicados, foram excluídos artigos sem acesso para os autores.

Na etapa de ação de busca, dois pesquisadores executaram a pesquisa e compararam resultados para diminuir o risco de erros. A seleção inicial resultou em 171 artigos, depois de excluídos aqueles duplicados ou sem acesso. A análise bibliométrica desses artigos buscou descrever a abrangência e importância do tema.

Em seguida foi executada análise de conteúdo dos resumos, feita com a ajuda do software IRAMUTEQ (Interface of R pour les Analyses multidimensionnelles de textes et de Questionnaires), software de apoio para análise de dados qualitativos. Para essa fase, foram selecionados os artigos com mais de 10 citações, entendendo serem as citações um indicador adequado da relevância do texto, processo que resultou em 27 artigos. A redução do número de artigos foi fundamental para viabilizar a análise de conteúdo, pois os testes efetuados mostraram a dificuldade de processar os 171 artigos coletados. O processamento dos 27 artigos finais permitiu uma abordagem descritiva de contagem de palavras e a análise de similaridade dos textos. Os resultados gerados pela análise de conteúdo foram aplicados na releitura dos resumos para aprimorar e definir os grupos de artigos.

Para examinar com mais detalhes os artigos relevantes, limitou-se a leitura e análise daqueles com 10 ou mais citações, que totalizaram 27 artigos. Em seguida, foram lidos todos os resumos. Pontua-se que alguns termos de busca foram sendo utilizados de acordo com o desenvolvimento das buscas.

A análise dos artigos utilizou o software IRAMUTEQ. Souza et al., (2018) apontam que este software é concebido na linguagem Python e usa funções fornecidas pelo programa de estatística R. Este programa computacional abre a possibilidade de variadas investigações de dados de texto; o programa viabiliza diferentes tipos de análise de dados textuais, desde as mais simples, tais como a lexicografia básica (cálculo de repetição de palavras), até análises multivariadas (classificação hierárquica descendente e análises de similitude). Ele estabelece o arranjo do vocabulário de maneira compreensível e visualmente clara (análise de similitude e nuvem de palavras) (Camargo & Justo, 2013).

## 3. Resultados e Discussão

A busca resultou em 171 artigos publicados entre 2014 e 2022 com as palavras “engineering”, “industry 4.0”, competenc\* e education. As métricas da busca apresentadas pelo site da SCOPUS ajudam a entender a importância e

disseminação das pesquisas. Os 171 artigos foram publicados por autores de 51 países diferentes, sendo que 12 publicaram mais do que 5 documentos nesse período, conforme o Gráfico 1 extraído da plataforma SCOPUS (SCOPUS, 13 de maio de 2022).

**Tabela 1** - Distribuição de publicações entre os países que mais publicaram sobre o tema. (a partir de SCOPUS, 2022).

Países com mais Publicações	
Países	Publicações
Alemanha	27
México	20
Rússia	18
Estados Unidos	14
Espanha	11
Áustria	9
Indonésia	8
França	6
Itália	6
Austrália	5
Eslovênia	5
Turquia	5

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Três países concentram o maior número de publicações nessa área, a Alemanha, o México e a Rússia, com 61 documentos. Os demais 48 países publicaram menos de 15 artigos ao longo dos 8 anos.

A distribuição no tempo, como pode ser visto pelo Gráfico 1, mostra um crescimento rápido nos primeiros anos e, depois de 2020 uma queda e estabilização.

**Gráfico 1.** Quantidade de Publicações por Ano.



Fonte: Scopus (2022).

Constata-se que houve uma crescente no número de publicações nos primeiros 7 anos observados, com um pico em 2020. É possível que as organizações estivessem absorvendo as tecnologias aos poucos e as competências dos engenheiros para manuseá-las tornaram-se um debate importante. Há um decréscimo em 2021, no entanto, convém esperar o fechamento de 2022 para verificar se a queda na quantidade de publicações é apenas circunstancial, causada por fatores atípicos como a pandemia, ou se o debate está chegando a um final.

### 3.1 Análise do conteúdo

Dos 171 artigos foram selecionados aqueles com mais de dez citações para proceder à análise de conteúdo. O produto dessa ação pode ser visto na Quadro 3:

**Quadro 3** – Artigos com mais de 10 citações.

Art.	Título	Autores	Ano	Citações
1	Tangible Industry 4.0: A Scenario-Based Approach to Learning for the Future of Production	Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., Sihm, W.	2016	280
2	Learning in the AutFab – The Fully Automated Industrie 4.0 Learning Factory of the University of Applied Sciences Darmstadt	Simons, S., Abé, P., Nesper, S.	2017	57
3	Educating engineers for industry 4.0: Virtual worlds and human-robot-teams: Empirical studies towards a new educational age	Richert, A., Shehadeh, M., Plumanns, L., (...), Schuster, K., Jeschke, S.	2016	56
4	Jobs and skills in industry 4.0: An exploratory research	Pinzone, M., Fantini, P., Perini, S., (...), Taisch, M., Miragliotta, G.	2017	47
5	Digital transformation priorities of India's discrete manufacturing SMEs – a conceptual study in perspective of Industry 4.0	Dutta, G., Kumar, R., Sindhvani, R., Singh, R.K.	2020	41
6	Engineering Education 4.0: proposal for a new Curricula	Ramirez-Mendoza, R.A., Morales-Menendez, R., Iqbal, H., Parra-Saldivar, R.	2018	40
7	Emerging learning environments in engineering education	Hadgraft, R.G., Kolmos, A.	2020	37
8	Virtual reality-based engineering education to enhance manufacturing sustainability in industry 4.0	Salah, B., Abidi, M.H., Mian, S.H., (...), Alkhalefah, H., Abdo, A.	2019	37
9	Planning and Evaluation of Digital Assistance Systems	Hold, P., Erol, S., Reisinger, G., Sihm, W.	2017	37
10	Integration of 3D printing and Industry 4.0 into engineering teaching	Chong, S., Pan, G.-T., Chin, J., (...), Yang, T.C.K., Huang, C.-M.	2018	36
11	Project-based collaborative engineering learning to develop Industry 4.0 skills within a PLM framework	Vila, C., Ugarte, D., Ríos, J., Abellán, J.V.	2017	36
12	Competencies for Industry 4.0	Hernandez-de-Menendez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C.A., McGovern, M.	2020	25
13	Mobile learning applications for technical vocational and engineering education: The use of competence snippets in laboratory courses and Industry 4.0	Jaschke, S.	2014	25
14	Open Innovation Laboratories as Enabling Resources to Reach the Vision of Education 4.0	Miranda, J., Lopez, C.S., Navarro, S., (...), Molina, J.M., Molina, A.	2019	23
15	Smart education in the context of industry 4.0	Assante, D., Caforio, A., Flamini, M., Romano, E.	2019	23
16	Engineering education for smart 4.0 technology: a review	Hernandez-de-Menendez, M., Escobar Díaz, C.A., Morales-Menendez, R.	2020	20
17	Transitioning to engineering practice	Trevelyan, J.	2019	20
18	Designing a curriculum for the Internet-of-Things-Laboratory to foster creativity and a maker mindset within varying target groups	Lensing, K., Friedhoff, J.	2018	18
19	A bibliometric and topic analysis on future competences at smart factories	Jerman, A., Bach, M.P., Bertoneclj, A.	2018	16
20	Technologies for the future of learning: state of the art	Hernandez-de-Menendez, M., Escobar Díaz, C., Morales-Menendez, R.	2020	15
	Creativity-focused Technology Education in the	Cropley, A.		

21	Age of Industry 4.0		2020	14
22	Analysis of ICT Application in Technology Transfer Management within Industry 4.0 Conditions (Education Based Approach)	Prokopenko, O., Kudrina, O., Omelyanenko, V.	2018	13
23	Industry 4.0 diagnosis from an imillennial educational perspective	Cotet, G.B., Carutasu, N.L., Chiscop, F.	2020	11
24	Active Learning based Laboratory towards Engineering Education 4.0	Prieto, M.D., Sobrino, A.F., Soto, L.R., (...), Biosca, P.F., Martínez, L.R.	2019	11
25	Paradigm of Managerial Education for a Technological Breakthrough in the Economy	Gitelman, L.D., Kozhevnikov, M.V.	2018	11
26	Trends in preparing cyber-physical systems engineers	Lieu Tran, T.B., Törngren, M., Nguyen, H.D., (...), Gleason, N.W., Duong, T.H.	2019	10
27	Problem-based learning (PBL) in industry 4.0: Improving learning quality through character-based literacy learning and life career skill (LL-LCS)	Nurtanto, M., Sofyan, H., Fawaid, M., Rabiman, R.	2020	10

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

O Quadro 3 apresenta o conjunto de 27 artigos que tiveram os resumos analisados pelo software IRAMUTEQ. Os textos permaneceram em inglês, da forma como foram coletados, e o software foi configurado para a língua inglesa. Os resumos foram tratados de maneira que cada um fosse entendido como uma unidade de análise pelo software. A massa total de texto analisada é chamada de corpus e é composta pelos 27 resumos.

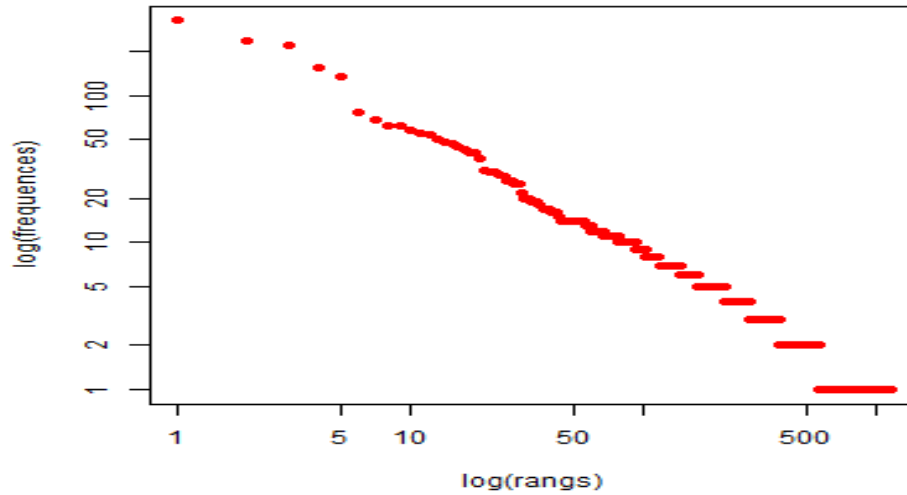
Inicialmente, o software indicou dados descritivos gerais do conjunto de textos analisados:

- Número de textos: 27.
- Número de Ocorrências: 5227.
- Número de formas: 1142.
- Número Hapax (expressões usadas uma única vez): 582 (11.13% ocorrências – 50.96% formulários).
- Média de ocorrências/texto: 193.59.

As informações acima resumem as características básicas do corpus. Número de ocorrências mostra o número total de palavras de todos os abstracts analisados. Desprezando termos que agregam pouco significado, como artigos e advérbios, o corpus tem 1142 substantivos, verbos, aqui denominados de formas.

Hápax se refere a expressões usadas uma única vez e pode indicar a sofisticação da linguagem empregada (Bonette & Reis, 2021). O diagrama Zipf da Figura 1, é a interpretação gráfica da repetição de uma palavra. Observa-se na descrição e no gráfico, termos que são frequentemente repetidos, e que 582 termos são falados apenas uma única vez. Interpreta-se, portanto, a profusão de vocabulário por parte da base acadêmica Scopus.

**Figura 1.** Diagrama Zipf sobre competências dos engenheiros.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

No meio das expressões mais empregadas nos 27 artigos, o software indicou as seguintes com mais de 30 ocorrências:

- Industry - (68 ocorrências);
- Technology - (54 ocorrências);
- Learn - (51 citações);
- Engineer - (43 citações);
- Education - (41 citações);
- Student - (31 citações).

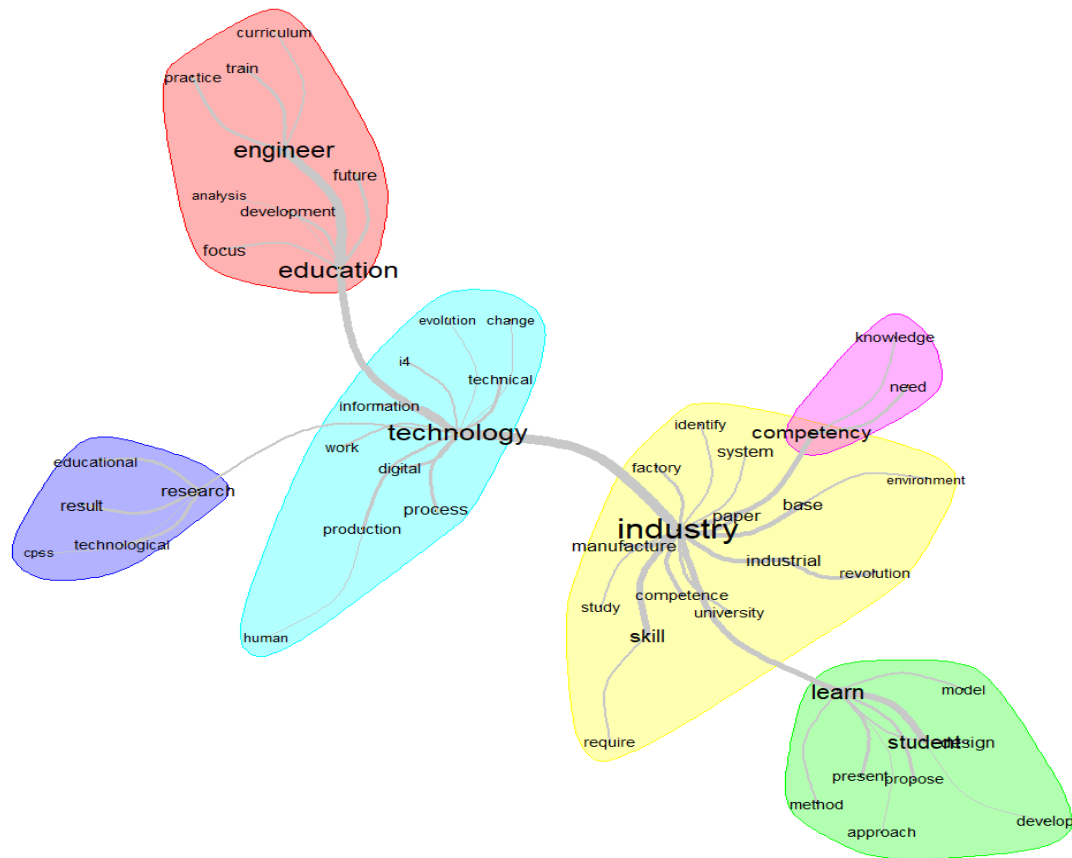
Desses, três termos são parte das palavras-chave pesquisadas – Industry, Engineer e Education. Os demais são decorrentes ou muito próximos em sentido das palavras-chave.

Da mesma forma, a nuvem de palavras criada na Figura 2 apresenta visualmente a relação desses termos e outros aparecem como importantes. Percebe-se que a nuvem de palavras faz o destaque para expressões já mencionadas anteriormente, além de termos como: “competency”, “process”, “research”, “skill”, “base”, “design”, “system” e “need”. No entanto, a mera repetição de uma palavra não permite uma análise mais profunda dos conteúdos explorados pelos artigos, sendo necessário usar outras ferramentas do software. Além disso, esse gráfico não mostra a relação entre elas e é difícil entender o contexto em que essas palavras são usadas. Para analisar o conteúdo, foi utilizado a análise de similaridade do IRAMUTEQ, resultando a Figura 3.





**Figura 3** – Análise de similaridade dos resumos dos artigos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

“**Industry**” é o principal nó representado na Figura 3 e é o termo mais vezes repetido de acordo com a nuvem de palavras. Ele é o centro de uma classe que engloba, entre outras, as palavras “study”, “skill”, “university”, “competence”, “competency” e, mais longe, “require” e “identify”. São termos semelhantes aos usados nas palavras-chave dessa pesquisa, o que justifica ser um grupo central entre os grupos identificados. A questão principal dessa classe é explicitada numa frase do artigo [23]: “A Quarta Revolução Industrial (Indústria 4.0) impõe rápida evolução (ou revolução) do paradigma de recursos humanos em engenharia ... Os objetivos dessa pesquisa são ... mapear habilidades como requeridas pelas novas tecnologias.”

Muito próximo da classe de “Industry”, um pequeno grupo está centrado no termo “**Competency**”, termo que partilha com a classe vizinha. Esse pequeno grupo chama a atenção para a palavra conhecimento (knowledge), dando ênfase para a necessidade de conhecimento mais abrangente, não só operacional ou técnico. Para ilustrar o que distingue essa classe das outras, alguns trechos do corpus analisado são reproduzidos a seguir.

“A universidade surge como um agente relevante e essencial para assegurar o conhecimento e o desenvolvimento das competências na Quarta Revolução Industrial.” [6] (Ramirez-Mendoza, et al., 2018)

“Para fazer um melhor uso da inteligência artificial será necessário não só conhecimento prático e técnico, mas também fluência e criatividade focada na tecnologia.” [21] (Cropley, 2020)

Também ligada à classe “**Industry**”, pode ser vista a classe “**Learn**”, conjunto de artigos que exploram métodos e modelos de ensino focados no estudante. O artigo [10], por exemplo, “propõe um modelo misto de aprendizagem para integrar Indústria 4.0 no ensino de engenharia, usando aprendizagem online tradicional e classe de aula invertida.” O autor prossegue explicando que dessa forma se cria um “ambiente de aprendizagem centrada no aluno, em que os alunos são gradualmente

treinados a se tornarem proativos e manterem a motivação para a aprendizagem continuada.” Outros artigos dessa classe se referem a outros modelos de ensino-aprendizagem, mas todos com foco em aprendizagem centrada no estudante.

Já a classe “**Technology**”, também ligada a “**Industry**”, reúne grande número de termos, muitos remetendo ao processo técnico, como digital (“digital”), técnico (“technical”), informação (“information”), processo (“process”) e produção (“production”), mas também trabalho (“work”) e humano (“human”). O artigo [3], por exemplo, baseia sua pesquisa na noção que o uso de novas tecnologias e de inteligência artificial na produção são centrais na Indústria 4.0 e que smart robots vão dividir o trabalho com seres humanos. A partir dessa premissa, o artigo investiga como preparar os engenheiros para as novas competências necessárias para o cenário de equipes mistas robôs-humanos.

Curiosamente, a classe “**Education**” se posiciona mais próxima da classe “**Technology**” do que da classe “**Learn**”. Observando as palavras dessa classe, principalmente aquelas mais acima na figura – currículo (“curriculum”), treinar (“train”) e prática (“practice”), transparece o significado que nesse caso os textos devem relacionar educação com práticas profissionais tratadas no currículo e nas práticas escolares. Realmente, o artigo 17 expõe um bom exemplo: “A transição entre educação e prática pode ser problemática para muitos engenheiros recém-formados, devido ao conflito entre expectativas, valores e práticas de trabalho comuns e a realidade dos trabalhos.” O autor prossegue, argumentando que as práticas do ensino do engenheiro não se assemelham às práticas da sua futura vida profissional e propõe mudanças que extrapolam a matriz curricular e englobam intervenções nas práticas escolares.

A última classe, “**Research**” reúne termos em que o sentido partilhado não fica claro. Um único artigo, o [26], se adequa a esses termos, propondo um objetivo bastante específico de preparar a força de trabalho do futuro com treinamento sobre CPS (Sistemas Físico-cibernéticos) e incentivar o foco de pesquisas de doutorado nesses sistemas. Para isso, propõe a reorganização de universidades e mudanças nos currículos. Este artigo foi considerado atípico em comparação com os demais e a classe que o continha foi retirada.

Assim, é possível falar de 5 classes sugeridas pelo software para classificar os artigos. A seguir será realizada a comparação dessa classificação com os conceitos da literatura.

Assim, é possível falar de 5 classes sugeridas pelo software para classificar os artigos. A seguir será realizada a comparação dessa classificação com os conceitos da literatura.

### 3.2 Resultado e conclusão

Comparando-se com as conceituações do Quadro 2, pode-se dizer que a classe “**Industry**” analisa as competências pessoais e as sociais ou interpessoais necessárias na fábrica, tratando tanto de valores e motivações pessoais como capacidade de cooperação, comunicação e trabalho em equipe, de acordo com as categorizações de Erol et al. (2016) e Hecklau et al. (2016). São artigos que centram a análise no trabalho do engenheiro na fábrica e referem principalmente ao uso das competências pessoais e sociais para a realização do trabalho.

Já a classe “**Competency**” não se refere a como resolver problemas já conhecidos, mas de imaginar outras ligações de conhecimento, a sair do já trilhado e inovar, usar a criatividade. O artigo [21] por exemplo, cita que o trabalho na Indústria 4.0 exige ir além de conhecer a tecnologia e fortalecer as competências de pensamento criativo. Para Erol et al. (2016) e Hecklau et al. (2016), essas são competências de ação e metodológicas. Também os artigos da classe “**Competency**” investigam o trabalho do engenheiro na fábrica, focando o uso de competências para a realização do trabalho.

Nesse sentido, a classe “**Learn**” compreende estudos sobre o desenvolvimento das competências pessoais, interpessoais, de ação ou metodológicas. Essas competências são abordadas do ponto de vista das escolas e universidades, com o objetivo de apresentar soluções de ensino que ampliem a motivação para aprendizado continuado [10, 7] e autônomo [20] e pensamento crítico [20]. Da mesma forma que Miquilim e Silva (2019), os textos citam metodologias de sala de aula invertida

e Aprendizado Baseado em Projetos ou em Problemas (PBL), de maneira que o ensino seja centrado no aluno como autor do seu aprendizado.

Já a classe “**Technology**” se aproxima bastante das competências de domínio de Erol et al. ou competências técnicas de Hecklau et al. (2016). São artigos que apresentam os conhecimentos necessários para a operação das tecnologias da Indústria 4.0, ou descrevem o cenário da manufatura mostrando como o trabalho muda em função da tecnologia [3, 15]. As tecnologias digitais que predominam como aspecto diferenciador do processo técnico impõem o desenvolvimento do conhecimento em tecnologias de informação e comunicação [5]. Para outro autor, os trabalhadores irão trabalhar lado a lado com robôs colaborativos, formando “equipes híbridas”, o que demanda a formação de novas competências para o trabalho [3].

Finalmente a classe “**Education**” corresponde ao desenvolvimento das competências técnicas ou de domínio típicas da Indústria 4.0. Há uma preocupação com a matriz curricular que deve atender os conceitos e tecnologias digitais, assim como às práticas no trabalho [17]. Além de tecnologias digitais, também nessa classe se insere artigo discutindo o aprimoramento de disciplina voltada para uma determinada tecnologia, como o artigo [27].

Portanto, pode-se concluir, que a classificação por similaridade dos termos resultou em classes que se alinham com os tipos de competência de Erol et al. E de Hecklau et al. (2016 e 2016) e apresentam uma linha apropriada para classificar artigos sobre competências de engenheiros para a Indústria 4.0. O quadro 4 a seguir relaciona as classes geradas pelo IRAMUTEQ com os tipos de competências:

**Quadro 4** – Classes geradas pelo IRAMUTEQ e tipos de competências.

	Pessoais e sociais	Ação ou metodológicas	De domínio ou técnicas
Uso da competência	“Industry”		“Technology”
Desenvolvimento da competência	“Competency”	“Learn”	“Education”

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Finalmente, uma contribuição importante desse artigo é a classificação dos estudos de competências na Indústria 4.0 a partir dos tipos de competências tratadas na literatura e da divisão em uso no trabalho e desenvolvimento na escola. Embora fique claro que um artigo pode tratar vários tipos de competências quanto ao uso e quanto ao desenvolvimento, os artigos estudados revelaram uma predominância de uma ou duas das células do Quadro 4. Essa classificação auxilia assim no levantamento da literatura e busca por temas específicos.

#### 4. Considerações Finais

Como considerações finais, foi constatado que o objetivo de identificar as competências necessárias para os engenheiros que operam no ambiente industrial 4.0 foi alcançado pois as análises e o uso do IRAMUTEQ possibilitaram demonstrar quais características os profissionais de engenharia devem possuir para atuarem na indústria 4.0.

Cabe apontar que os artigos analisados são parte do conjunto de artigos com as palavras-chave apresentadas. Apesar de serem representativos do interesse no assunto, já que são os mais citados, podem não esgotar os temas tratados, representando uma limitação do estudo.

Por fim, como pesquisas futuras sugere-se uma nova busca de artigos de uso da competência na Indústria 4.0, alargando a gama de tecnologias e as competências necessárias. Seria interessante observar se pode haver uma diferenciação de competências por tecnologias investigadas.

## Referências

- Assante, D., Caforio, A., Flamini, M., & Romano, E. (2019). Smart Education in the context of Industry 4.0. In *2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1140-1145). IEEE.
- Bonette, L.B., do Reis, J. G. M. (2021) Available Technologies for Mass Transport Modes in Smart Cities.
- Cała, M., & Borowski, M. (2018). Experience in the Education of Engineers from Vietnam in the Faculty of Mining and Geoengineering AGH. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 35, p. 06001). EDP Sciences.
- Camargo, B. V., & Justo, A. M. (2013). IRAMUTEQ: um software gratuito para análise de dados textuais. *Temas em psicologia*, *21*(2), 513-518.
- Cao, Q., Zanni-Merk, C., Samet, A., Reich, C., de Beuvron, F. D. B., Beckmann, A., & Giannetti, C. (2022). KSPMI: A Knowledge-based System for Predictive Maintenance in Industry 4.0. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, *74*, 102281.
- Chong, S., Pan, G. T., Chin, J., Show, P. L., Yang, T. C. K., & Huang, C. M. (2018). Integration of 3D printing and Industry 4.0 into engineering teaching. *Sustainability*, *10*(11), 3960.
- Cotet, G. B., Carutasu, N. L., & Chiscop, F. (2020). Industry 4.0 diagnosis from an imillennial educational perspective. *Education Sciences*, *10*(1), 21.
- Coutinho, E. F., de Carvalho Sousa, F. R., Rego, P. A. L., Gomes, D. G., & de Souza, J. N. (2015). Elasticity in cloud computing: a survey. *annals of telecommunications-Annales des Télécommunications*, *70*(7), 289-309.
- Cropley, A. (2020). Creativity-focused technology education in the age of industry 4.0. *Creativity Research Journal*, *32*(2), 184-191.
- de Oliveira Morais, M., Neto, P. L. D. O. C., dos Santos, O. S., Cardoso Jr, A. P., & Sacomano, J. B. (2020). A evolução da qualidade na indústria 4.0. *Research, Society and Development*, *9*(10), e3929108634-e3929108634.
- Dutta, G., Kumar, R., Sindhwani, R., & Singh, R. K. (2020). Digital transformation priorities of India's discrete manufacturing SMEs—a conceptual study in perspective of Industry 4.0. *Competitiveness Review: An International Business Journal*.
- Erol, S., Jäger, A., Hold, P., Ott, K., & Sihm, W. (2016). Tangible Industry 4.0: a scenario-based approach to learning for the future of production. *Procedia Cirp*, *54*, 13-18.
- Gitelman, L. D., & Kozhevnikov, M. V. (2018). Paradigm of managerial education for a technological breakthrough in the economy.
- Hadgraft, R. G., & Kolmos, A. (2020). Emerging learning environments in engineering education. *Australasian Journal of Engineering Education*, *25*(1), 3-16.
- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. *Procedia Cirp*, *54*, 1-6.
- Hernandez-de-Menendez, M., Escobar Díaz, C. A., & Morales-Menendez, R. (2020). Engineering education for smart 4.0 technology: a review. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, *14*(3), 789-803.
- Hernandez-de-Menendez, M., Escobar Díaz, C., & Morales-Menendez, R. (2020). Technologies for the future of learning: state of the art. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, *14*(2), 683-695.
- Hernandez-de-Menendez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C. A., & McGovern, M. (2020). Competencies for industry 4.0. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, *14*(4), 1511-1524.
- Hold, P., Erol, S., Reisinger, G., & Sihm, W. (2017). Planning and evaluation of digital assistance systems. *Procedia Manufacturing*, *9*, 143-150.
- Jaschke, S. (2014, December). Mobile learning applications for technical vocational and engineering education: The use of competence snippets in laboratory courses and industry 4.0. In *2014 International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)* (pp. 605-608). IEEE.
- Jerman, A., Pejić Bach, M., & Bertoncelj, A. (2018). A bibliometric and topic analysis on future competences at smart factories. *Machines*, *6*(3), 41.
- Kleindienst, M., Wolf, M., Ramsauer, C., & Pammer-Schindler, V. (2016). Industry 4.0: What workers need and what ICT can give—an analysis. In *i-Know 2016: 16th International Conference on Knowledge Technologies and Data-driven Business*.
- Lensing, K., & Friedhoff, J. (2018). Designing a curriculum for the Internet-of-Things-Laboratory to foster creativity and a maker mindset within varying target groups. *Procedia Manufacturing*, *23*, 231-236.
- Lieu Tran, T. B., Törmgren, M., Nguyen, H. D., Paulen, R., Gleason, N. W., & Duong, T. H. (2019). Trends in preparing cyber-physical systems engineers. *Cyber-Physical Systems*, *5*(2), 65-91.
- Miranda, J., López, C. S., Navarro, S., Bustamante, M. R., Molina, J. M., & Molina, A. (2019). Open innovation laboratories as enabling resources to reach the vision of education 4.0. In *2019 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)* (pp. 1-7). IEEE.
- Nigam, V., & Talcott, C. (2022). Automated construction of security integrity wrappers for industry 4.0 applications. *Journal of Logical and Algebraic Methods in Programming*, 100745.
- Nurtanto, M., Fawaid, M., & Sofyan, H. (2020). Problem based learning (PBL) in Industry 4.0: Improving learning quality through character-based literacy learning and life career skill (LL-LCS). In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1573, No. 1, p. 012006). IOP Publishing.

- Panda, S., Mondal, S., & Kumar, N. (2022). SLAP: A Secure and Lightweight Authentication Protocol for machine-to-machine communication in industry 4.0. *Computers & Electrical Engineering*, 98, 107669.
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2008). *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. John Wiley & Sons.
- Pinzone, M., Fantini, P., Perini, S., Garavaglia, S., Taisch, M., & Miragliotta, G. (2017). Jobs and skills in Industry 4.0: an exploratory research. In *IFIP international conference on advances in production management systems* (pp. 282-288). Springer, Cham.
- Prieto, M. D., Sobrino, Á. F., Soto, L. R., Romero, D., Biosca, P. F., & Martínez, L. R. (2019). Active learning based laboratory towards engineering education 4.0. In *2019 24th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)* (pp. 776-783). IEEE.
- Prokopenko, O., Kudrina, O., & Omelyanenko, V. (2018). Analysis of ICT application in technology transfer management within Industry 4.0 conditions (Education Based Approach). In *CEUR Workshop Proceedings* (pp. 258-273).
- Ramirez-Mendoza, R. A., Morales-Menendez, R., Iqbal, H., & Parra-Saldivar, R. (2018). Engineering Education 4.0:—proposal for a new Curricula. In *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1273-1282). IEEE.
- Richert, A., Shehadeh, M., Plumanns, L., Groß, K., Schuster, K., & Jeschke, S. (2016, April). Educating engineers for industry 4.0: Virtual worlds and human-robot-teams: Empirical studies towards a new educational age. In *2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 142-149). Ieee.
- Salah, B., Abidi, M. H., Mian, S. H., Krid, M., Alkhalefah, H., & Abdo, A. (2019). Virtual reality-based engineering education to enhance manufacturing sustainability in industry 4.0. *Sustainability*, 11(5), 1477.
- SALVIATI, M. E. (2020). Manual do aplicativo Iramuteq. 2017.
- Sampaio, R. F., & Mancini, M. C. (2007). Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 11, 83-89.
- Simons, S., Abé, P., & Naser, S. (2017). Learning in the AutFab—the fully automated Industrie 4.0 learning factory of the University of Applied Sciences Darmstadt. *Procedia Manufacturing*, 9, 81-88.
- Souza, M. A. R. D., Wall, M. L., Thuler, A. C. D. M. C., Lowen, I. M. V., & Peres, A. M. (2018). O uso do software IRAMUTEQ na análise de dados em pesquisas qualitativas. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, 52.
- Trevelyan, J. (2019). Transitioning to engineering practice. *European Journal of Engineering Education*, 44(6), 821-837.
- Vila, C., Ugarte, D., Ríos, J., & Abellán, J. V. (2017). Project-based collaborative engineering learning to develop Industry 4.0 skills within a PLM framework. *Procedia manufacturing*, 13, 1269-1276.
- Yuan, C., Li, G., Kamarthi, S., Jin, X., & Moghaddam, M. (2022). Trends in intelligent manufacturing research: a keyword co-occurrence network based review. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 1-15.