



## **Indústria 4.0 na manufatura: um estudo bibliográfico**

**JEFFREY ESTAVAM VILEFORT<sup>1</sup>**

**KELLY EMANUELLE OTTONI MATOS<sup>2</sup>**

**RENATA BASTOS SARAIVA<sup>3</sup>**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO METODISTA IZABELA HENDRIX**

**ALEXANDRE DE CÁSSIO RODRIGUES**

**WALKER SOARES DO NASCIMENTO**

### **Resumo**

Em 2012 surgiu o termo Indústria 4.0, e ganharia o nome de 4ª revolução industrial. Seria a chegada dos sistemas “Cyber Físicos” onde as máquinas se conectariam e haveria comunicação e colaboração entre elas. A Indústria 4.0 também chegaria à Engenharia de Manufatura. E então qual foi o caminho para chegada da indústria 4.0 na manufatura? O que isso ajudou na manufatura? Qual o futuro da manufatura com esta revolução? Este ensaio apresenta uma revisão sistemática da literatura sobre a Indústria 4.0 na Engenharia de Manufatura. Foi analisado a rede formada pelas relações de citações de vários trabalhos sobre Indústria 4.0 na Engenharia de Manufatura publicados entre 2014 a 2018. Os resultados mostram que apesar dos desafios que a manufatura inteligente traz consigo houve um grande desenvolvimento na área da tecnologia, assim contribuindo com a Indústria Manufatureira.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0; Engenharia de Manufatura; Revisão da literatura.

<sup>1</sup> Graduado em Engenharia de Produção, [jeffreyvilefort@hotmail.com](mailto:jeffreyvilefort@hotmail.com)

<sup>2</sup> Graduada em Engenharia de Produção, [emanuellematos21@gmail.com](mailto:emanuellematos21@gmail.com)

<sup>3</sup> Graduada em Engenharia de Produção, [bastossaraiva@gmail.com](mailto:bastossaraiva@gmail.com)



## **Introdução**

O termo indústria 4.0 foi utilizada pela primeira vez em Hofmann (2012). O autor se referiu ao surgimento de uma nova tecnologia que seria revolucionária, a comunicação e colaboração entre as máquinas via rede internet. Isto seria uma fábrica futurística em que elas são inteligentes, flexíveis, dinâmicas e ágeis. Tratava-se, portanto, da 4ª revolução industrial.

A produção científica sobre a Indústria 4.0 sofreu um grande crescimento durante os últimos anos. Em busca na base de dados Web of Science verifica-se que, em 2012, havia apenas uma pesquisa sobre a Indústria 4.0 este valor aumentou para 52 em 2014 e para 2767 em 2018. E ainda dentro deste tema tem a Engenharia de Manufatura que só teve início em 2014 com 4 publicações e assim tendo um crescimento para 74 em 2016 e em 2018 chegou à 388 citações. A Engenharia de Manufatura não é um tema tão novo, levando-se em consideração o ano em que começaram as pesquisas relacionadas à Indústria 4.0 mas, ainda é um tema pouco abordado e as pesquisas não cresceram igual cresceram as sobre a Indústria 4.0 em geral. Dito isto, qual foi o caminho para chegada da indústria 4.0 na manufatura? Quais benefícios ela trouxe para a manufatura? E qual o futuro da manufatura com esta revolução?

O objetivo desta pesquisa será apresentar uma revisão sistemática da literatura sobre a relação entre Indústria 4.0 e Engenharia de Manufatura. Pretende-se entender como a engenharia de manufatura evoluiu ao longo do tempo. Para tanto, será analisado a rede formada pelas relações de citações de vários trabalhos sobre o tema, os quais foram publicados entre 2012 a 2018.

Este trabalho contribuirá para a literatura da Indústria 4.0 na manufatura em algumas maneiras. Sendo uma delas se primeiro a analisar a literatura da indústria 4.0 na manufatura, e também ajudar os pesquisadores a entender melhor o surgimento da indústria 4.0.

## **Metodologia**



No seguinte estudo, determinou-se como base de dados para a seleção das publicações que constituíram a amostra, a ISI Web of Knowledge (Web of Science) que foi criado na década de 60. Nesse sentido, a Web of Science é um amplo banco de dados de publicações que são selecionadas por meio de um rigoroso critério de qualidade. Além disso, esta base de dados tem uma variedade de software que permitem a recuperação de seus dados, o que viabilizou, portanto, as análises que foram feitas.

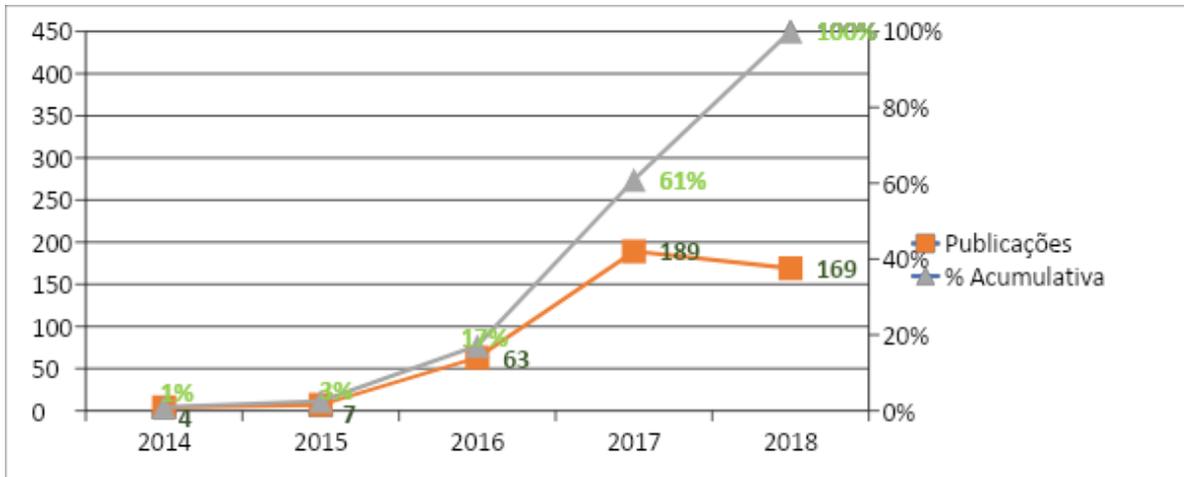
Para a realização da busca utilizou-se o campo denominado tópico, que compreende as ocorrências de determinado(s) termo(s) nos campos título, resumo, palavras-chave dos autores e keywords plus, estas criadas pela Web of Science a partir dos títulos originais das obras. Na busca foi utilizado, primeiramente, como palavra-chave: “*Industr\*4.0*”. Portanto, optou-se por utilizar um termo com maior abrangência, representando 3.051 resultados entre 1945 a 2018. Em segundo lugar, a palavra-chave e tema do principal do artigo para busca foi *Engineering Manufacturing* indicando 432 resultados.

Em contrapartida, as pesquisas sobre *Engineering Manufacturing* tornaram-se significativa a partir de 2015, sendo utilizadas as publicações mais relevantes entre 1945 e 2018. Além disso, admitiu-se como amostra todas as abordagens do universo acadêmico, que totalizaram 3.051 registros.

### **Resultado e discussão**

Primeiramente, é possível identificar tendências de crescimento e decréscimo no interesse do desenvolvimento de pesquisas sobre *Engineering Manufacturing*. Nesse sentido, a Figura 1 mostra a evolução temporal científica sobre o tema. É possível observar que apesar do número de publicações em 2006, o volume significativo iniciou-se em 2014. No período analisado houve um crescimento exponencial da produção científico sobre *Engineering Manufacturing*. Que atingiu um alto índice de publicação em 2017, representando 189 publicações. Desse modo, ao atingir o alto índice, iniciou-se o decréscimo entre 2017 a 2018, de 20 publicações.

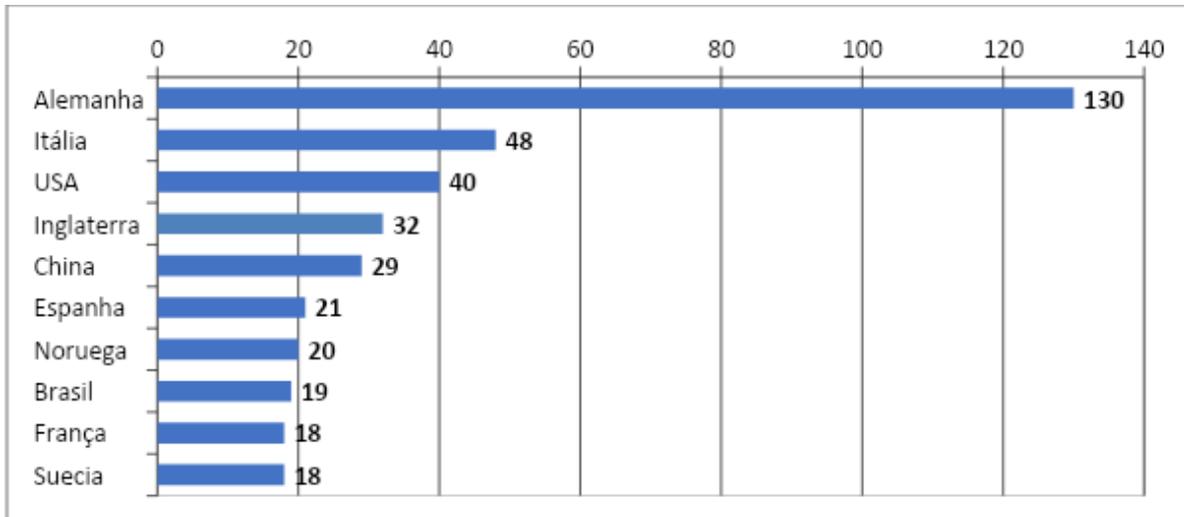
**Figura 1-** Evolução temporal do número de artigos publicados sobre Engineering Manufacturing.



**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

Os resultados encontrados também revelam que as pesquisas sobre *Engineering Manufacturing* foram oriundas de diversos países, 25, objetivamente. Na figura 2, citamos 10 dos países com maior índice. Conforme ilustrado na Figura 2, entre 1945 a 2018, os pesquisadores da Alemanha lideram o ranking de publicações por países. Ao ter publicado 130 dos 432 artigos sobre Engineering Manufacturing. O país superou o número de artigos publicados pela Itália, Estados Unidos e Inglaterra, que, respectivamente ocuparam segunda, terceira e quarta colocação naquele ranking.

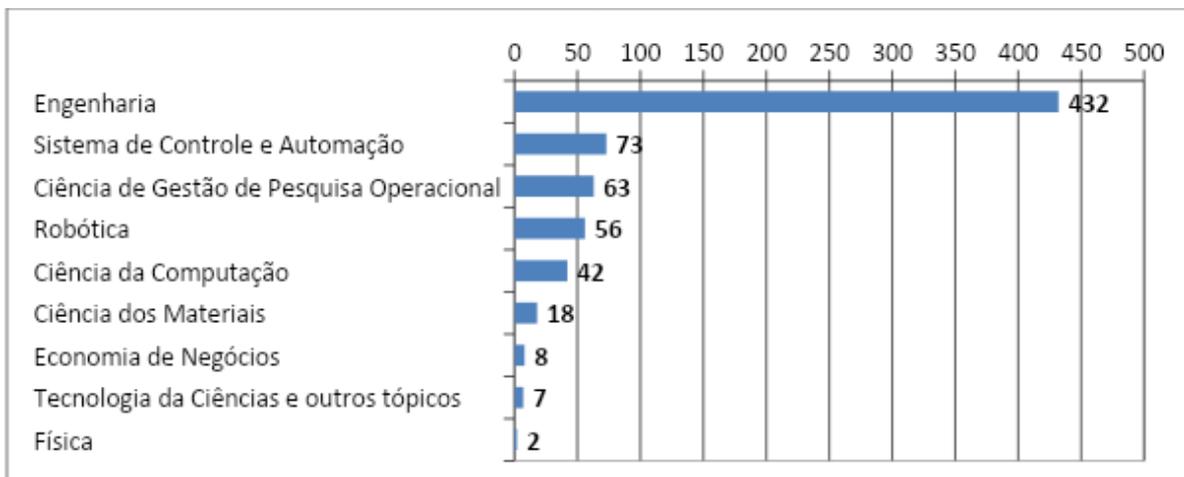
**Figura 2** - Os dez principais países sede de pesquisa sobre Engineering Manufacturing.



**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

Ainda foi apurado que os artigos sobre *Engineering Manufacturing* publicados entre 1945 e 2018 foram agrupados em 10 categorias da base de dados Web of Science. Embora os artigos possam pertencer a mais de uma categoria, a Tabela 1 mostra que, conforme o esperado, sobressaiam-se as categorias Engenharia e Sistema de controle e automação, com respectivamente, 432 e 73 artigos.

**Figura 3-** As dez principais categoria dos artigos publicados sobre Engineering Manufacturing.



**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

Os autores que mais publicaram artigos sobre *Engineering Manufacturing* são mostrados na Tabela 2. Juntos, entre 1945 e 2018, eles publicaram 55 artigos sobre o



tema, o equivalente 13% do total das publicações. Além disso, de certo modo, as instituições nas quais atuam estes autores podem ser vistas como possíveis centros de pesquisa sobre *Engineering Manufacturing*.

**Tabela 2** - Os oito maiores autores que mais publicaram artigos sobre *Engineering Manufacturing*

Nº	Autores	Artigos
1	<b>METTERNICH, JOACHIM ER</b>	<b>8</b>
2	<b>XU, XUN</b>	<b>8</b>
3	<b>ANDERL, REINER</b>	<b>7</b>
4	<b>MOURTZIS, DIMITRIS</b>	<b>7</b>
5	<b>REINHART, GUNTHER</b>	<b>7</b>
6	<b>KUHLENKITTER, BERND</b>	<b>6</b>
7	<b>SIHN, WILFRIED</b>	<b>6</b>
8	<b>WANG KESHENG</b>	<b>6</b>

Fonte: Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

**Tabela 3** - Os dez artigos sobre Engineering Manufacturing mais citados na literatura.

Nº	Título	Citações
1	<b>Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&amp;D challenges</b>	<b>269</b>
2	<b>Cyber-physical systems in manufacturing</b>	<b>189</b>
3	<b>Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions</b>	<b>130</b>
4	<b>Past, present and future of Industry 4.0 –a systematic literature review and research agenda proposal</b>	<b>98</b>
5	<b>A Dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0</b>	<b>87</b>



6	<b>SDMSim: A manufacturing service supply-demand matching simulator under cloud environment</b>	<b>60</b>
7	<b>The concept and progress of intelligent spindles: A review</b>	<b>58</b>
8	<b>Industry 4.0: State of the art and future trends</b>	<b>53</b>
9	<b>Making existing production systems Industry 4.0-ready Holistic approach to the integration of existing production systems in Industry 4.0 environments</b>	<b>52</b>
10	<b>An event-driven manufacturing information system architecture for industry 4.0</b>	<b>46</b>

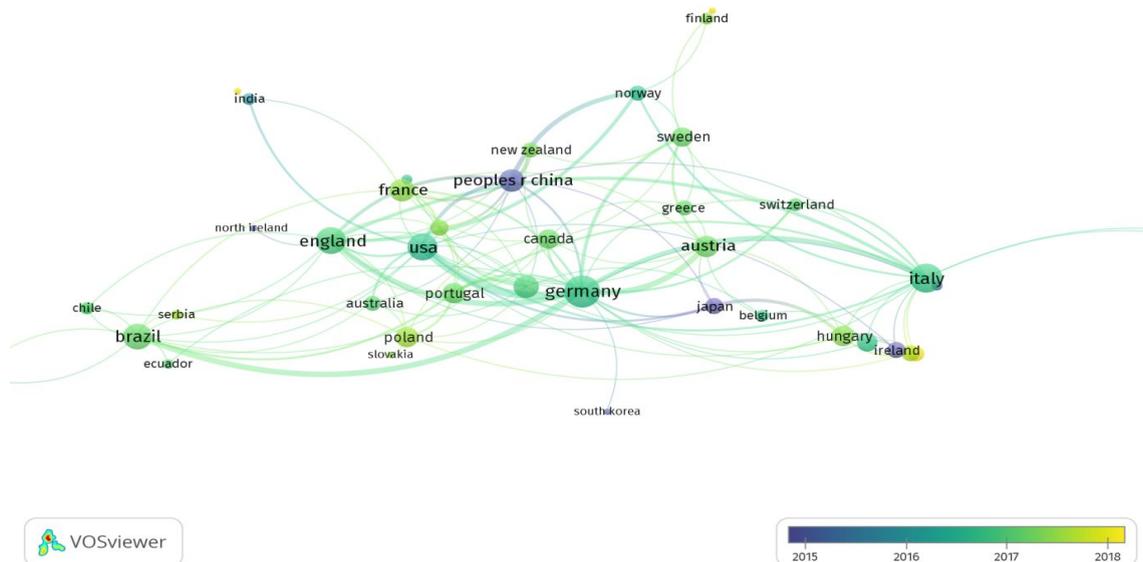
**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

O artigo mais citado sugere que “O CPPS permitirá e apoiará a comunicação entre humanos, máquinas e produtos” Monostori (2014). Além disso, apresenta uma visão futurista da importância da *Cyber-Physical Systems (CPS)* como um potencial para mudanças, incluindo conceitos de tecnologia inteligente em diversas áreas e funcionalidades no sistema de manufatura. Embora seja menos citado que o trabalho de Monostori (2014), é no segundo artigo, de Monostori (2016) que é apresentado além de um conceito e importância de *Cyber-Physical Systems*, o objetivo de inaugurar novas gerações de sistemas projetados e altamente confiáveis e eficientes em informação, computação, comunicação e controle. O terceiro artigo, de Kang (2016) evidencia não apenas direções futuras, como também as anteriores e atuais sobre *Smart Manufacture*. No quarto artigo, de Lião (2017), encontra-se um estudo sistemático sobre publicações da revolução industrial e Industr\*4.0. No quinto artigo Ivanov (2016), discute as propostas, complexidade da execução e limitações da Industr\*4.0 através de fórmulas. Além de métodos e precisão do tempo. No sexto artigo Tao (2016), aborda da fabricação e análise do sistema SDM como modelagem, em serviço de decomposição e baseada em rede.

No sétimo Cao (2016), apresenta um estudo elaborado do sistema de monitoramento e controle, além do desenvolvimento inteligente incluindo top-down, sensores e atuadores inteligentes, no processamento e decisão em tempo real. No oitavo Schlechtendahl (2014), cita que Indústria 4.0 é um ambiente no qual todos os participantes estão



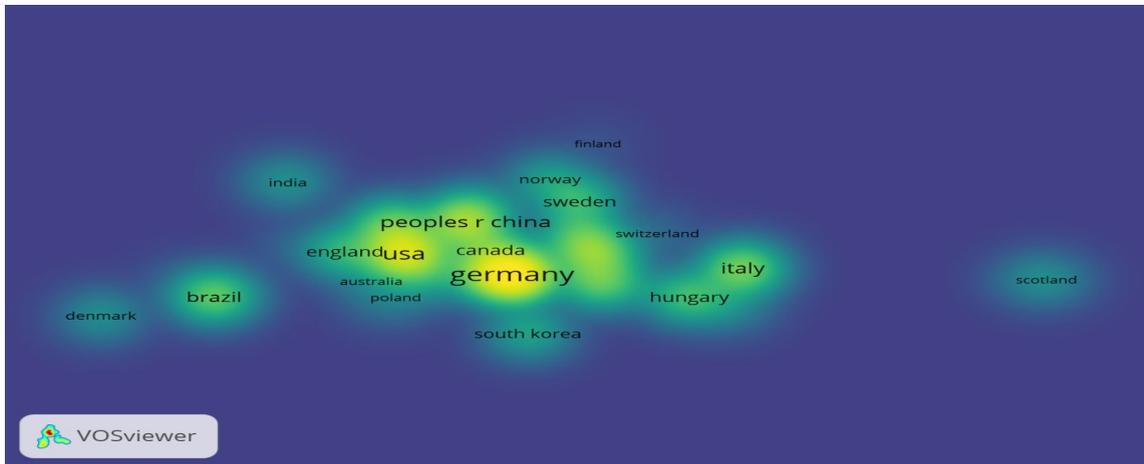
interconectados e compartilhando informações uns com os outros. Também, relata que apesar da aplicação de novos CPPS, ainda se encontra CPPS antigos. No nono artigo Xu (2018), aborda a história da “Industr\* 4.0”, como foi inserida no mercado e utilizada como recurso. No décimo Theorin (2016) trata de analisar recursos tecnológicos na linha Arquitetura do Sistema de Informação (LISA) Afirmado também que os futuros sistemas de manufatura precisam ser mais flexíveis, abraçando demandas de mercado mais rígidas e com mudanças frequentes.



**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

Na Figura 4, cada círculo representa um país indicando a proporção de compartilhamentos de artigos nesses países. Já as cores azul e amarelo representam, respectivamente, a proximidade dos anos 2015 e 2018.

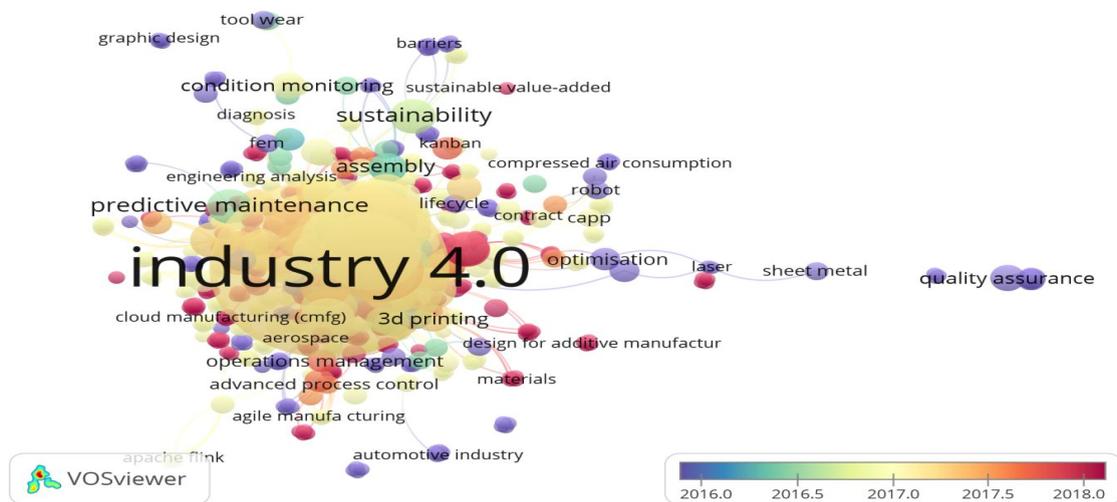
**Figura 5** - Principais países com densidade em utilização.



**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

Na Figura 5, quanto menor a distância entre os artigos, maior é a proximidade entre eles e quanto maior (menor) é a frequência de artigos vizinhos, mais a cor se aproxima do azul.

**Figura 6 -** Rede de palavras-chave dos títulos do artigo da amostra



**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

Na Figura 6, o tamanho dos círculos é diretamente proporcional à frequência de ocorrências das palavras-chave nos títulos dos artigos. Além disso, as cores azul e vermelho indicam, respectivamente, a ocorrência das palavras-chaves em anos próximos a 2008 e 2014. Em 2016 *predictive maintenance* e *sustainability* era o termo mais utilizado. Já em 2017, representando o maior índice de utilizações surge

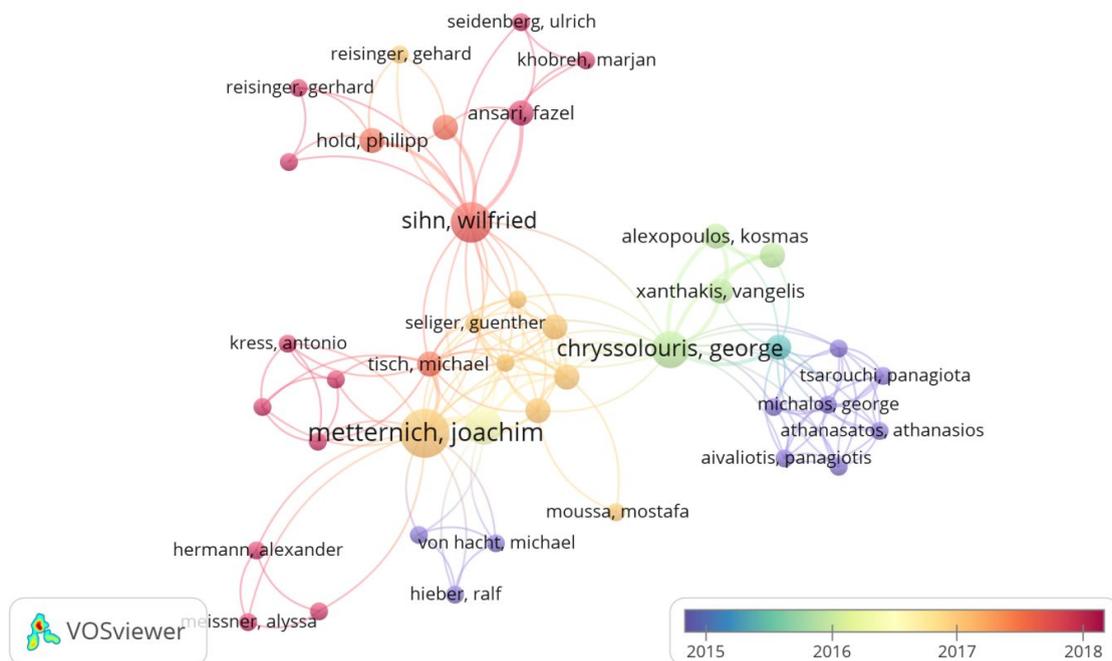


Indust\*4.0. Em 2018 as palavras-chaves se fragmentaram, mantendo a relevância do Industr\*4.0.

### 3.2. Análise sociométrica dos artigos sobre Engineering Manufacturing

Finalizada a análise bibliométrica, foi realizada uma análise sociométrica dos artigos sobre *Engineering Manufacturing*, visando entender o padrão de relacionamento destas publicações.

**Figura 7** - Rede de acoplamentos bibliográficos dos artigos amostra



**Fonte:** Elaborada pelos autores a partir dos resultados da pesquisa

Na Figura 7, cada círculo representa um trabalho compartilhado pelos artigos acoplados, sendo que o tamanho deles é proporcional ao número de compartilhamentos. Já as cores azul e vermelho indicam, respectivamente, a proximidade dos anos 2015 a 2018. Então, da análise daquela figura, desprende-se que o artigo de *Metternich e Joachim*, o mais compartilhado em 2017, enquanto o Sihh e Wilfried seja os autores mais compartilhados em 2018.



#### 4. Considerações finais

No artigo foi apresentado um estudo bibliométrico e sociométrico sobre *Engineering Manufacturing*, desenvolvido a partir da análise de metadados de 432 artigos sobre o tema, os quais foram publicados entre 1945 e 2018 em periódicos indexados à base de dados Web of Science. Os resultados obtidos mostraram que a produção científica sobre *Engineering Manufacturing* tem crescido exponencialmente e é relativamente recente, pois o maior índice de artigos foram publicados entre 2017 e 2018.

Embora o artigo de Monostori (2014) tenha sido o mais citado, a análise de acoplamentos indicou que Metternich, Joachim, Sihn e Wilfried foram os principais autores de artigos sobre *Engineering Manufacturing* publicado entre 1945 a 2018.

As palavras mais frequentes nos títulos dos artigos mais recentes foi Industr\*4.0, em seguida “sustainability e *predictive maintenance*”, com desproporção relevante, quando comparadas com a densidade da Industr\*4.0. Portanto, esta sugestão se soma a recomendações de pesquisas propostas, assim como o artigo de Ivanov (2015) que cita o agendamento e dinâmica no processo de Industr\*4.0, abordando vantagens e desafios na abordagem tecnológica. Nesse mesmo sentido, Ivanov (2014) discursa sobre dinâmica e agendamentos. Também, Schlechtendahl (2014), abordou em seu artigo os sistemas de produção existentes e aprovadas no sistema de Industr\*4.0.

Xu (2018) evidenciou a existência de obstáculo na Industr\*4.0, sendo a falta de ferramentas para a exploração do potencial da Industr\*4.0. Theorin (2016) refere-se a Industr\*4.0 como um facilitador para o gerenciamento de dados, transformando conhecimento e decisões automatizadas.

É importante destacar que os resultados encontrados nesta pesquisa não podem ser generalizados, já que foram obtidos a partir de uma amostra de artigos da Web of Science, a qual pode não conter todos os artigos publicados sobre *Engineering Manufacturing*. Apesar disso, entende-se que se atingiu objetivo de compreender a evolução da produção científica sobre *Engineering Manufacturing*, identificando suas tendências e possíveis lacunas. Por fim, espera-se que este trabalho possa encorajar o



desenvolvimento de novas pesquisas sobre *Engineering Manufacturing*, de tal forma a contribuir para o avanço do conhecimento da disciplina de engenharia.

## Referências

MONOSTORI, László. Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. **Procedia Cirp**, v. 17, p. 9-13, 2014.

MONOSTORI, László et al. Cyber-physical systems in manufacturing. **Cirp Annals**, v. 65, n. 2, p. 621-641, 2016.

KANG, Hyoung Seok et al. Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, v. 3

LIAO, Yongxin et al. Past, present and future of Industry 4.0-a systematic literature review and research agenda proposal. **International journal of production research**, v. 55, n. 12, p. 3609-3629, 2017., n. 1, p. 111-128, 2016.

IVANOV, Dmitry et al. A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory industry 4.0. **International Journal of Production Research**, v. 54, n. 2, p. 386-402, 2016.

TAO, Fei et al. SDMSim: a manufacturing service supply–demand matching simulator under cloud environment. **Robotics and computer-integrated manufacturing**, v. 45, p. 34-46, 2017.

CAO, Hongrui; ZHANG, Xingwu; CHEN, Xuefeng. The concept and progress of intelligent spindles: a review. **International Journal of Machine Tools and Manufacture**, v. 112, p. 21-52, 2017.

SCHLECHTENDAHL, Jan et al. Making existing production systems Industry 4.0-ready. **Production Engineering**, v. 9, n. 1, p. 143-148, 2015.



V Congresso Interdisciplinar de  
Pesquisa, Iniciação Científica e Extensão Universitária

VIII Semana da responsabilidade social  
e extensão universitária

Centro Universitário Metodista  
Izabela Hendrix

Ciência e Tecnologia: universidade, sustentabilidade  
e desenvolvimento econômico

Belo Horizonte, 21 a 24 de Setembro de 2020

XU, Li Da; XU, Eric L.; LI, Ling. Industry 4.0: state of the art and future trends. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2941-2962, 2018.

THEORIN, Alfred et al. An event-driven manufacturing information system architecture for Industry 4.0. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 5, p. 1297-1311, 2017.