

## **A indústria 4.0 no contexto dos estudantes de engenharia de produção: uma análise da produção acadêmica em eventos científicos**

Ricardo Cavalheiro Alves<sup>1</sup>

Luiz Henrique Pina de Campello<sup>2</sup>

Luciano Martins Pereira<sup>3</sup>

Wagner Lourenzi Simões<sup>4</sup>

**Resumo:** A chamada indústria 4.0 teve sua origem formal em 2011 e ao longo do tempo vem transformando o contexto da indústria no mundo todo. No Brasil, é reconhecido um certo atraso no desenvolvimento de tais tecnologias e na formação de profissionais capacitados para atuar neste mercado. Este estudo busca identificar por meio da quantidade de publicações sobre o tema em eventos científicos de grande participação de alunos de graduação a exposição que estes futuros engenheiros de produção estão tendo aos temas relacionados à indústria 4.0. Uma análise comparativa entre as quantidades encontradas neste estudo e as quantidades encontradas por Oliveira e Simões (2017) que realizaram estudo semelhante em 2017. O estudo revela que houve um sensível aumento das publicações nestes eventos sobre temas da indústria 4.0, o que indica que os graduandos de engenharia de produção estão tendo maior contato com os temas relativos à indústria 4.0, o que pode ser um bom sinal para a formação de futuros engenheiros para atuação no mercado.

**Palavras-chave:** indústria 4.0, manufatura avançada, indústria do futuro, automação inteligente.

### **1 INTRODUÇÃO**

A chamada quarta revolução industrial trouxe ao ambiente de negócios novas formas de uso da tecnologia, objetivando o encurtamento da cadeia de suprimentos, maior flexibilidade e agilidade para os processos reduzindo desperdícios, bem como a criação de novos modelos de negócio que passaram a transformar a relação entre consumidores e empresas. Também chamada de indústria 4.0 ou Manufatura Avançada, esta revolução consiste em uma tendência à automação e troca de dados durante o processo de fabricação (KAGERMANN et al., 2013), que oportuniza a criação de fábricas e modelos produtivos

---

<sup>1</sup>Estudante do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Cesuca. E-mail: ricardo.cavalheiro93@gmail.com

<sup>2</sup>Estudante do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Cesuca. E-mail: luizcampello2019@gmail.com

<sup>3</sup>Estudante do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Cesuca. E-mail: lucianoqmq@hotmail.com

<sup>4</sup> Docente do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Cesuca. Doutor em Engenharia de Produção e Sistemas. E-mail: wagner.lourenzi@cesuca.edu.br

mais inteligentes e eficientes, capazes de alavancar crescimento e desenvolvimento econômico integrando variadas tecnologias (BRETTEL et al., 2014). A abordagem da Indústria 4.0 permitiu a criação de ambientes no qual todos os elementos da cadeia estão continuamente interligados. Dispositivos e funcionalidades são tratados como serviços, que se comunicam constantemente entre si, alcançando assim elevado nível de coordenação. Desta forma, a capacidade de coordenar as atividades é essencial para uma melhor gestão da cadeia de suprimentos, onde a otimização normalmente requer a contemplação de muitos elementos em constante competição entre si (ZAMBON, 2019). Este é então um novo estágio de desenvolvimento da produção industrial no mundo. Estados Unidos, Alemanha e China se destacam entre os países que mais têm investido para modernizar sua indústria e aproveitar essa onda para potencializar a produção industrial e disputar a posição de liderança mundial. Outras nações investem para não perder competitividade global e avançar na produção mundial. Países em desenvolvimento passam então a conviver com um cenário internacional de grande movimentação que pode questionar o seu estágio de desenvolvimento produtivo. Nesse momento, o Brasil necessita retomar o investimento no setor industrial e, ao mesmo tempo, transformar a sua estrutura produtiva, modernizando sua pauta de produção e exportação, seus processos produtivos e modelos de negócios (VERMULM, 2018).

Dado esse cenário, torna-se estratégico para a indústria brasileira acelerar o ritmo de difusão de tais tecnologias, assim como intensificar as inovações. O período de pandemia de Covid-19 iniciado na China em 2019 evidenciou ainda mais a necessidade da implementação de tecnologias de digitalização, virtualização e rápida adaptação das organizações a novos cenários, visto que muitas indústrias se viram incapacitadas de operar devido a limites sanitários e a falta de domínio de tecnologias para lidar com eles. Neste contexto, a evolução tecnológica torna-se ainda mais necessária, fator imprescindível para a recuperação econômica e social pelo aumento da produtividade e competitividade da indústria. A Indústria 4.0 representa o novo paradigma, que trará consigo implicações tecnológicas, processuais, normativas, de infraestruturas, sociais e comportamentais (FIRJAN, 2019). Por outro lado, o estágio atual de difusão dessas tecnologias ainda está muito pouco desenvolvido.

A indústria 4.0 não se resume a uma tecnologia, mas sim ao uso consonante e interligado de diversas tecnologias. Estas tecnologias costumam ser classificadas nos chamados pilares da indústria 4.0.

Embora o uso da tecnologia tenha se expandido e dominado os debates nas mais diversas áreas da sociedade, há um claro descompasso na formação de mão de obra de para atender as necessidades de adoção, maturação e desenvolvimento de tais tecnologias no âmbito das organizações locais. Visto que a adoção de tais tecnologia a cada dia mais deixa de ser uma vantagem competitiva para se tornar uma necessidade à sobrevivência do negócio é pertinente que a formação de mão de obra que domine e desenvolva tais tecnologias seja fomentada. Porém no Brasil atualmente vive-se um quadro de escassez de mão de obra especializada, embora haja elevados níveis de desemprego, justamente por este descompasso entre a adoção das tecnologias e a adaptação de cursos de formação para preparar esta mão de obra demandada. Em estudo realizado em 2017, Oliveira e Simões (2017) destacaram a baixa produção de material sobre os pilares da indústria 4.0 em congressos acadêmicos de tradicional participação de discentes de cursos de engenharia, o que é um sinal de pouco contato dos estudantes com estas tecnologias na sua etapa de formação superior.

Porém, por se tratar de um conjunto de conceitos que deverão ditar as regras da manufatura em um futuro próximo, seria recomendável que os atuais estudantes de engenharia, que serão os profissionais neste futuro, tenham contato desde cedo em sua formação com estes conceitos para que possam estar habituados com suas bases. Este conhecimento precoce permitirá que estes profissionais dominem os conceitos estabelecidos e que sejam capazes de desenvolver pesquisas para a geração de tecnologia nacional no âmbito da indústria 4.0, reduzindo assim o atraso do país em relação aos países de origem de tal conceito.

Neste estudo busca-se avaliar a presença de publicações e suas quantidades nos principais eventos acadêmicos com grande participação de estudantes de graduação engenharia de produção. Considera-se que a quantidade de publicações nestes eventos sobre determinado tema é um dos indícios sobre a exposição do tema que estes estudantes recebem em seus cursos de graduação.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Nesta seção são apresentadas as bases teóricas que fundamentaram esta pesquisa.

## 2.1 INDÚSTRIA 4.0

Com o avanço das inovações tecnológicas, acompanhamos as mudanças radicais ao longo das décadas, ocorrendo desdobramentos nos âmbitos sociais, políticos e econômicos, este conjunto de inovações e evoluções é denominado como uma revolução industrial (DOMBROWSKI; WAGNER, 2014). A primeira evolução ocorreu no final do século XVIII, na qual foi marcada pela inovação e mecanização de máquinas a vapor, pois anteriormente a produção era desenvolvida de forma artesanal. Já a segunda evolução industrial iniciou-se na metade do século XIX, com a descoberta de novas fontes de energia, produção em massa e meios de comunicação, como o rádio. A terceira evolução industrial que iniciou em meados da década de 1970, conhecida como a revolução digital, caracterizada pelo avanço das tecnologias e informática no sistema de produção industrial, visando a redução de custos e o tempo de produção.

E atualmente, presenciamos o desenvolvimento da quarta revolução industrial, denominada como Indústria 4.0, sendo a digitalização da operação industrial. Este contexto se originou através de um projeto de empresas, universidades e do governo alemão, sendo citado pela primeira vez durante a Hannover Fair, em 2011, com o intuito modernizar as indústrias local (SILVEIRA; LOPES, 2016).

## 2.2 PILARES DA INDÚSTRIA 4.0

A indústria 4.0 se caracteriza como uma nova forma de agrupar e conectar diversas tecnologias para se obter sinergia no processo. Estas tecnologias são comumente agrupadas nos chamados pilares da indústria 4.0.

### 2.2.1 Big Data

É um termo da Tecnologia da Informação (TI) que trata da coleta, organização e análise de enormes quantidades de dados etapas dos processos fabris com problemas de fontes diversas. Otimiza a qualidade da produção, uma vez que a análise dos dados pode correlacionar etapas dos processos fabris com problemas encontrados no produto acabado, permitindo a tomada de decisão em tempo real. Possibilita ainda a aplicação da Manutenção Preditiva e Preventiva antecipando problemas no processo industrial (GROSSI, 2021).

### **2.2.2 Cibersegurança**

É um termo que denomina os procedimentos que objetivam a segurança digital. Protege os dados e sistemas das ameaças cibernéticas (GROSSI, 2021).

### **2.2.3 Computação em nuvem**

É um termo associado ao fornecimento de serviços de computação, tais como: armazenamento de dados, bancos de dados, rede, análise e inteligência, pela Internet e sem o gerenciamento ativo direto do utilizador. Permite uma maior quantidade de dados passíveis de integração e economia de hardware para as organizações, fazendo com que os sistemas fiquem mais rápidos e dados mais seguros, com redução de investimentos (GROSSI, 2021).

### **2.2.4 Integração de sistemas**

É um termo que se refere a sistemas de TI consistentes e interligados dentro das empresas, como nos casos da engenharia, da produção, de serviços e, fora delas como as empresas, fornecedores, distribuidores e clientes. Otimiza os processos e recursos, aumenta a produtividade e diminui perdas (GROSSI, 2021).

### **2.2.5 Internet das coisas**

É um conceito que envolve a capacidade de conexão digital de objetos físicos com a internet, formando uma rede de dispositivos conectados, capaz de reunir e de transmitir dados. Possibilita, por exemplo, a automatização dos processos, aumento da capacidade de tomada de decisão em tempo real de forma descentralizada (GROSSI, 2021).

### **2.2.6 Manufatura aditiva**

É também chamada de impressão 3D, usada para a produção de protótipos físicos e peças únicas. Os processos de Manufatura aditiva apresentam um fluxo de dados que criam instruções para determinada prática, acompanhado por um fluxo de trabalho físico, modificando as matérias primas em produtos finais. Viabiliza a utilização em larga escala para a produção de pequenos lotes de peças customizadas, o que diminui o custo unitário das

peças, aumentando a velocidade da produção, devido à prototipagem rápida. Permite também testes e simulações de peças, reduzindo perdas e refugos de produção (GROSSI, 2021).

### **2.2.7 Robôs autônomos**

São robôs que podem executar tarefas sem a supervisão humana, agindo de forma inteligente, cooperativa e autônoma. Facilita a redução de custos com mão-de-obra e aumenta a produção, tornando as indústrias mais competitivas (GROSSI, 2021).

### **2.2.8 Realidade aumentada**

É uma tecnologia que permite a integração de elementos virtuais no ambiente real, por meio de uma câmera e com o uso de sensores de movimento. Permite o aumento de trabalhos a distância e a simulação de tarefas (GROSSI, 2021).

### **2.2.9 Simulação**

Se refere a aplicabilidade de testar e aprimorar os produtos na etapa de concepção, simulando toda a cadeia de criação. Evita o desperdício, reduz o tempo e os prejuízos (GROSSI, 2021).

## **2.3 A INDÚSTRIA 4.0 NO BRASIL**

Em abril de 2016, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) publicou uma Sondagem Especial sobre a Indústria 4.0 no Brasil. Foram consideradas 10 tecnologias digitais para se obter informações como: adoção dessas tecnologias pelas empresas; objetivos da adoção das tecnologias; importância delas para a competitividade industrial; principais dificuldades para a sua aplicação etc. Essas questões foram submetidas a 2.225 empresas do setor industrial brasileiro, sendo 910 pequenas, 815 médias e 500 grandes empresas.

O estudo realizado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2016) evidenciou que apenas 48% (menos da metade) da amostra utilizava tecnologias digitais. Destas empresas cerca de 43% não identificaram quais tecnologias em uma lista com 10 opções

possuía o maior potencial para impulsionar a sua competitividade. Entre as pequenas empresas este percentual era ainda maior, na casa dos 57%. Entre as barreiras citadas, as principais eram elevado custo da tecnologia e falta de mão de obra capacitada para a implantação, gestão e manutenção dos sistemas. Embora o período de pandemia possa ter impulsionado o reconhecimento da necessidade por parte das empresas a formação de mão de obra e o custo ainda são barreiras perceptíveis.

Os profissionais da indústria brasileira precisam ser requalificados, pois serão eles os responsáveis pela atualização tecnológica do setor. É fundamental que os trabalhadores estejam aptos a introduzir práticas inovadoras e ágeis nas empresas. Para isso, é necessário que eles tenham conhecimento sobre as novas tecnologias digitais, sobre técnicas de programação e análise de dados, assim como sejam capazes de resolver problemas complexos, por meio das chamadas competências socioemocionais, as *softskills*. É cada vez mais importante que os profissionais sejam criativos e empreendedores, com capacidade de liderança e de comunicação (FIRJAN, 2019).

Face a isto, a CNI (2016) ao definir que um dos pilares para desenvolvimento da Indústria 4.0 é o desenvolvimento de recursos humanos para as novas formas de produção, alerta para a necessidade de “profissionais com formação distinta das existentes. A integração de diversas formas de conhecimento, característica desse modo de produção, exigirá equipes multidisciplinares, com elevado nível de conhecimento técnico e com capacidade de interação de diferentes áreas de conhecimento”. Em relação a tal aspecto, para desenvolvimento dos profissionais para a indústria 4.0, a CNI (2016) descreveu as seguintes propostas:

- a) criação de novos cursos técnicos para atender necessidades específicas;
- b) reformulação de cursos nas áreas de engenharia, administração e entre outros, para adequar as novas necessidades dessas tecnologias;
- c) criação de cursos de gestão da produção multidisciplinar com ênfase na indústria 4.0;
- d) incentivar programas de competências tecnológicas nas empresas.

A velocidade com que a formação de profissionais evolui, porém é defasa em relação às necessidades do mercado. Silva et al. (2018) destacam que a observação da diferença de critérios de exigência entre os órgãos de classe e autarquias para a formação do engenheiro

no Brasil, mostra-se falha, uma vez que características locais são postas em planos inferiores pelos coordenadores de curso a fim de atender as demandas dessas instituições, por vezes menosprezando as características desejadas pelo mercado regional.

### 3 METODOLOGIA

Por se tratar de um campo relativamente novo e pouco explorado, é esperado que a produção acadêmica em nível universitária seja escassa. Uma das formas de verificar o contato dos estudantes de graduação em engenharia de produção com os conceitos da indústria 4.0 é avaliar a produção acadêmica publicada em congressos e eventos científicos com grande participação de estudantes de graduação. Para tal realizou-se uma busca por artigos contendo os verbetes “indústria 4.0”, “manufatura avançada” e “*smart manufacturing*” nos anais dos principais congressos de engenharia de produção, de conhecida participação massiva de estudantes de graduação. Para tal foram consideradas as publicações entre 2019 e 2021 nos anais dos seguintes eventos: ENEGEP, SIMPEP, CONBRERO, SIMEP, SIGEPRO, SAEPRO, ENFEPRO, EMEPRO, ENCEPRO. O intervalo foi estabelecido de forma a considerar a produção mais recente, mas com pontos suficientes para se observar a tendência.

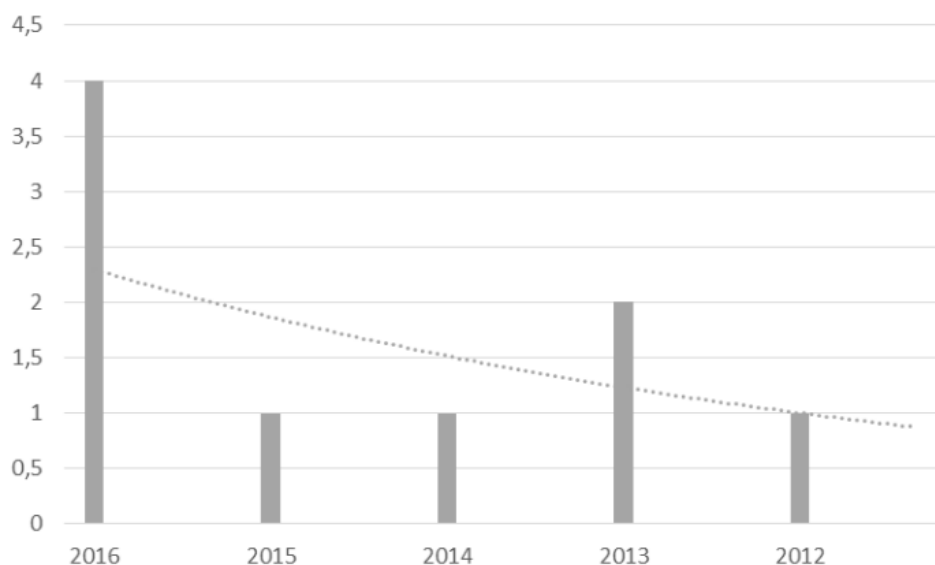
Após as quantificações os dados foram comparados com os dados obtidos em estudo semelhante realizado em 2017 (OLIVEIRA;SIMÕES, 2017) de forma a se analisar o panorama de como a produção acadêmica sobre o tema da indústria 4.0 em eventos de grande participação de graduandos em engenharia de produção.

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo realizado por Oliveira e Simões (2017) identificou a sua época que embora o tema estivesse presente nos eventos avaliados, o volume produzido ainda era bastante restrito, o que levou os autores a concluir que havia pouca atividade de pesquisa entre os estudantes de engenharia de produção. A Figura 1 apresenta os resultados obtidos a época.



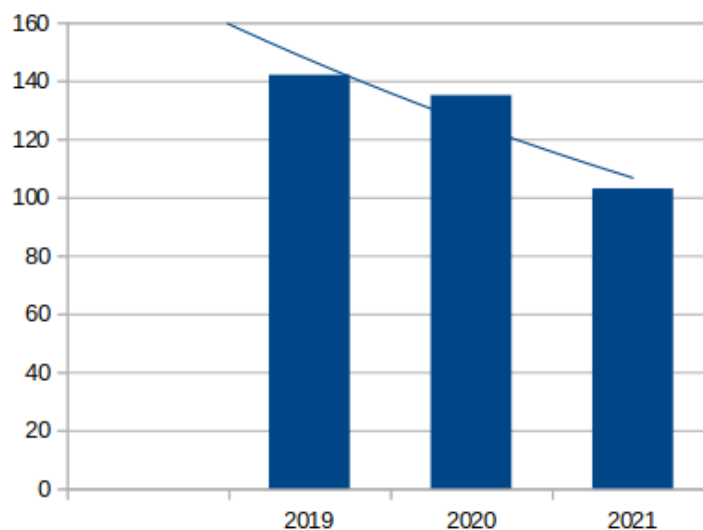
**Figura 1** – - Publicações entre 2012 e 2016



Fonte: :(OLIVEIRA; SIMÕES, 2017).

Quantificando-se o total de produções fica evidente o grande crescimento da produção nos eventos de grande participação de graduandos. A Figura 2 apresenta o gráfico comparativo dos totais de publicações entre os anos de 2019, 2020 e 2021.

**Figura 2** – Publicações entre 2019 e 2021



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Observa-se que o tema se tornou bastante ativo nos eventos, apresentando quantidades superiores a 100 publicações em todos os anos, o que é bastante relevante quando comparado às quantidades inferiores a 5 publicações do estudo de 2017. Cabe salientar que, embora o gráfico da Figura 2 apresenta indícios de tendência de queda na

produção, é necessário se considerar que os efeitos que a pandemia de Covid-19 teve sobre os eventos. Alguns eventos puderam se adaptar a outras formas de realização, porém eventos como SAEPRO, ENFEPro, EMEPro e ENCEPro não foram realizados nos anos de 2020 e 2021. Tal fato indica que os totais de publicações dos anos de 2020 e 2021 podem não representar o verdadeiro potencial de publicações que ocorreriam em condições normais e, portanto, a tendência deve ser ignorada ou ao menos avaliada com ressalvas.

A Tabela 1 apresenta os totais de produções por evento (eventos que contabilizaram zero publicações não são apresentados). A partir dos dados percebe-se que há uma clara concentração das publicações sobre o tema em dois eventos ENEGEP e SIMPEP. Ambos eventos são amplo alcance e abrangência nacional com frequentes participações internacionais, o que pode ser um dos motivos que fomenta esta produção por tema vinculados à indústria 4.0. Eventos com alcance mais regionalizado obtiveram menores produções. Uma questão que deve ser investigada em estudos futuros é investigar se esta baixa produção em eventos regionais se deve a características dos eventos ou se deve a fragilidades regionais na qualificação dos profissionais ou características dos cursos de graduação oferecidos na região.

**Tabela 1** – Produção por evento

Ano	ENEGEP	SIMPEP	CONBREPRO	SIMEP	SIGEPRO
2019	71	46	23	2	0
2020	83	40	7	4	1
2021	63	33	3	4	0

\*Eventos com ao menos 1 publicação sobre o tema  
Fonte: Dados da pesquisa

A Tabela 2 apresenta o total de citações das palavras chave utilizadas por ano nas publicações dos eventos. Fica evidente que o termo mais comumente utilizado é indústria 4.0, havendo no ano de 2021 um significativo aumento no uso do termo Manufatura avançada. O termo Indústria do futuro apresentou claro declínio no uso no meio acadêmico e o termo automação inteligente caiu em desuso.

**Tabela 2** – Citações por palavra chave

Ano	2019	2020	2021
Indústria 4.0	118	111	91
Manufatura avançada	2	2	74
Indústria do futuro	21	22	8
Automação inteligente	1	0	3

\*Considerando apenas eventos com ao menos 1 publicação sobre o tema

Fonte: Dados da pesquisa

Os dados obtidos indicam que o tema tem ganho maior penetração nos ambientes acadêmicos de graduação, visto que se registrou um grande aumento das publicações sobre o tema quando comparado com o corte do estudo realizado em 2017. A inegável relevância do tema se confirma nestes números. A maior população de publicações nacionais em eventos nacionais permite também uma melhor convergência em torno dos termos utilizados como palavras chave.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo comparativo dos dados coletados das publicações entre 2019 e 2021 e os dados coletados entre 2012 e 2016 foi possível verificar que o tema não apenas se prova relevante, mas que está sendo tratado com maior ênfase em ambientes acadêmicos de graduação. Tal fato se revela a partir do aumento das publicações nos eventos de grande participação de alunos de graduação. Tal aumento de interesse é importante pois promove um contato maior e mais precoce dos graduandos com os temas da indústria 4.0, permitindo a formação de profissionais mais íntimos das suas tecnologias para suprir as demandas do mercado do País. Conforme destacado ao longo do referencial teórico, a necessidade de formação de mão de obra qualificada para tal ambiente é ponto chave para alavancar a produtividade da indústria nacional, mantendo ela globalmente competitiva, e a geração de empregos.

Sugere-se que futuros estudos explorem melhoras necessidades regionais de formação de profissionais para a indústria 4.0, buscando alternativas para que as

universidades fomentem a intimidade dos egressos dos cursos de engenharia com as tecnologias e competências necessárias para atuar neste ambiente desafiador.

## REFERÊNCIAS

BRETTEL, M., FRIEDERICHSEN, N. How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: an industry 4.0 perspective. **International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering**, v. 8, n. 1, p. 37-44, 2014.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI). **Desafios para a indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016. E-book.

DOMBROWSKI, U., WAGNER, T. Mental strain as field of action in the 4th industrial revolution. In: EIMARAGHY, H. (ed.). **47th CIRP Conference on Manufacturing Systems (CMS 2014): managing variety in manufacturing**. Windsor: Elsevier Procedia, 2014. (Procedia CIRP, 17). p. 100-105.

FIRJAN. SENAI. **Indústria 4.0 no Brasil: oportunidades, perspectivas e desafios**. Rio de Janeiro: SENAI, 2019. 63 p.

GROSSI, M. G. R.; CRUZ, T. F. de S.; MINODA, D. de S.; SOUZA, N. T. de. Aplicação dos pilares da indústria 4.0 na educação. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, v. 16, n. 47, 2021. Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/3727>. Acesso em: 29 nov. 2022.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. **Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0: final report of the industry4.0 working group**. Frankfurt: National Academy of Science and Engineering, 2013.

OLIVEIRA, F.T.; SIMÕES, W. L. A indústria 4.0 e a produção no contexto dos estudantes da engenharia. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 3, 2017, Catalão. **Anais [...]**. Catalão: UFG, 2017.

SILVA, G. C.; KORZENOWSKI, A. L.; DALL'AGNOL, M.; SIMÕES, W. L.; JÚNIOR, J. V. do E. S. Priorização das habilidades do engenheiro de produção demandadas pelo mercado da região norte do Brasil: uma análise da universidade e o mercado de trabalho **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 196–220, 2018. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/113>. Acesso em: 29 nov. 2022.

SILVEIRA, C. B.; LOPES, G. C. **O que é indústria 4.0 e como ela vai impactar o mundo**. 2016. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/industria4-0/>. Acesso em: 29 nov. 2022..

VERMULM, R. **Políticas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil**. São Paulo: IEDI, 2018. 30 p.

ZAMBON, Ilaria et al. Revolution 4.0: industry vs. agriculture in a future development for SMEs. **Processes**, v. 7, n. 1, p. 36, 2019.