



EDUCAÇÃO 4.0: BENEFÍCIOS NO USO DE TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 EM TEMPOS DE PANDEMIA

EDUCATION 4.0: BENEFITS OF USING INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES IN PANDEMIC TIMES

EDUARDO BALDO MORAES
UNISC - UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

LIANE MAHLMANN KIPPER
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

PEDRO DE OLIVEIRA LEIVAS
UNISC - UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

ANA CLARA HACKENHAAR KELLERMANN
UNISC - UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL

Nota de esclarecimento:

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

EDUCAÇÃO 4.0: BENEFÍCIOS NO USO DE TECNOLOGIAS DA INDÚSTRIA 4.0 EM TEMPOS DE PANDEMIA

Objetivo do estudo

O objetivo deste estudo foi analisar qual tecnologia habilitadora da Indústria 4.0 é mais utilizada na Educação 4.0, quais são seus benefícios e em que nível ela é usada.

Relevância/originalidade

As tecnologias da Indústria 4.0 estão sendo utilizadas em todos os setores da sociedade e, no ensino, não pode ser diferente. Sua utilização abre inúmeras possibilidades de aprendizado na era da Educação 4.0.

Metodologia/abordagem

Uma revisão sistemática de literatura foi realizada nas bases Scopus (Elsevier), Web of Science e ScienceDirect (Elsevier), a partir do ano de 2011. Foram selecionados 51 artigos para uma análise quantitativa e 23 deles foram lidos para responder às perguntas.

Principais resultados

Os resultados mostram que a tecnologia mais utilizada na Educação 4.0 é a Realidade Aumentada (AR). O nível de ensino em que está mais presente é o ensino superior.

Contribuições teóricas/metodológicas

A Realidade Aumentada ainda está bastante restrita às universidades e a cursos relacionados à manufatura. Espera-se que este trabalho possa contribuir para o desenvolvimento da Educação 4.0 e, especialmente, da AR, em todas as etapas de ensino.

Contribuições sociais/para a gestão

Conclui-se que a AR colabora para aumentar a imersão nos conteúdos, o engajamento dos estudantes, reduzir custos e riscos, simular cenários reais de trabalho, desenvolver soft skills e aprender sobre as tecnologias, seus usos e modos de funcionamento.

Palavras-chave: Educação 4.0, Tecnologias da Indústria 4.0, Revisão sistemática de literatura, Realidade Aumentada

EDUCATION 4.0: BENEFITS OF USING INDUSTRY 4.0 TECHNOLOGIES IN PANDEMIC TIMES

Study purpose

The aim of this study was to analyze which Industry 4.0 enabling technology is most used in Education 4.0, what its benefits are, and at what level it is used.

Relevance / originality

The technologies of Industry 4.0 are being used in all sectors of society and, in education, it cannot be different. Its use opens up countless learning possibilities in the Education 4.0 era.

Methodology / approach

A systematic literature review was carried out in the Scopus (Elsevier), Web of Science and ScienceDirect (Elsevier) databases, starting in 2011. Fifty-one articles were selected for a quantitative analysis and twenty-three of them were read to answer the research questions.

Main results

The results show that the most used technology in Education 4.0 is Augmented Reality (AR). The level of education at which it is most present is higher education.

Theoretical / methodological contributions

Augmented Reality is still quite restricted to universities and courses related to manufacturing. It is expected that this work can contribute to the development of Education 4.0 and, especially, of AR, in all stages of learning.

Social / management contributions

It is concluded that AR collaborates to increase immersion in content, student engagement, reduce costs and risks, simulate real work scenarios, develop soft skills and learn about technologies, their uses and modes of operation.

Keywords: Education 4.0, Industry 4.0 Technologies, Systematic literature review, Augmented Reality

1 Introdução

Desde o surgimento da Indústria 4.0 (I4.0), termo utilizado pela primeira vez em 2011, na Alemanha, e ainda com o advento da pandemia de COVID-19, os setores da sociedade tiveram que se adaptar, utilizando mais tecnologias para dar continuidade às suas atividades de forma sustentável. A Educação não foi uma exceção. O sistema educacional sempre se adaptou às necessidades e valores das indústrias de sua época (Aliyu & Talib, 2020). Dessa forma, na economia atual, vive-se a era da Educação 4.0 (E4.0), na qual o aluno passa a ser o protagonista do processo ensino e aprendizagem, e o professor, um tutor desse processo (Fisk, 2017). Com ela, almeja-se suprir os novos requisitos da Quarta Revolução Industrial no que se refere à formação profissional.

A implementação da Indústria 4.0 é um foco para as economias de todo o mundo (Cugno *et al.*, 2021). Ela tem como objetivo criar fábricas inteligentes, com sistemas com propriedades autônomas, como autoconfiguração e automonitoramento. Usando novos processos de fabricação, a partir da colaboração homem-máquina, será possível atingir níveis de eficiência e produtividade jamais vistos (Thames & Schaefer, 2016). Para alcançar esses níveis, são utilizadas tecnologias como: robótica, Internet das Coisas, manufatura aditiva, realidade virtual e aumentada, simulação, integração de sistemas, *big data*, Inteligência Artificial, segurança industrial, sistemas *cyber*-físicos, dispositivos móveis e *wearables* e *cloud computing* (Maier, 2017).

Além disso, a nova economia exige novas competências dos colaboradores. Mourtzis (2018) indica habilidades emergentes da Indústria 4.0 e a importância de cada uma delas para as organizações. A força de trabalho técnico, por exemplo, deve estar familiarizada com o equipamento, com o processo e com as tecnologias aplicadas (competências técnicas). Autores reforçam ainda que, assim como os engenheiros de produção e os executivos (staff), a força de trabalho, ou seja, os operadores, deve desenvolver atribuições metodológicas, como criatividade, resolução de problemas, tomada de decisão e habilidades de análise e pesquisa (Mourtzis, 2018; Kipper *et al.*, 2021). Aptidões sociais e pessoais também são de suma importância para os engenheiros e executivos. Exemplos delas são: comunicação, cooperação, liderança (sociais), autonomia, flexibilidade e responsabilidade (pessoais). A figura 1 representa a integração entre as categorias de competências e sua importância para cada função.

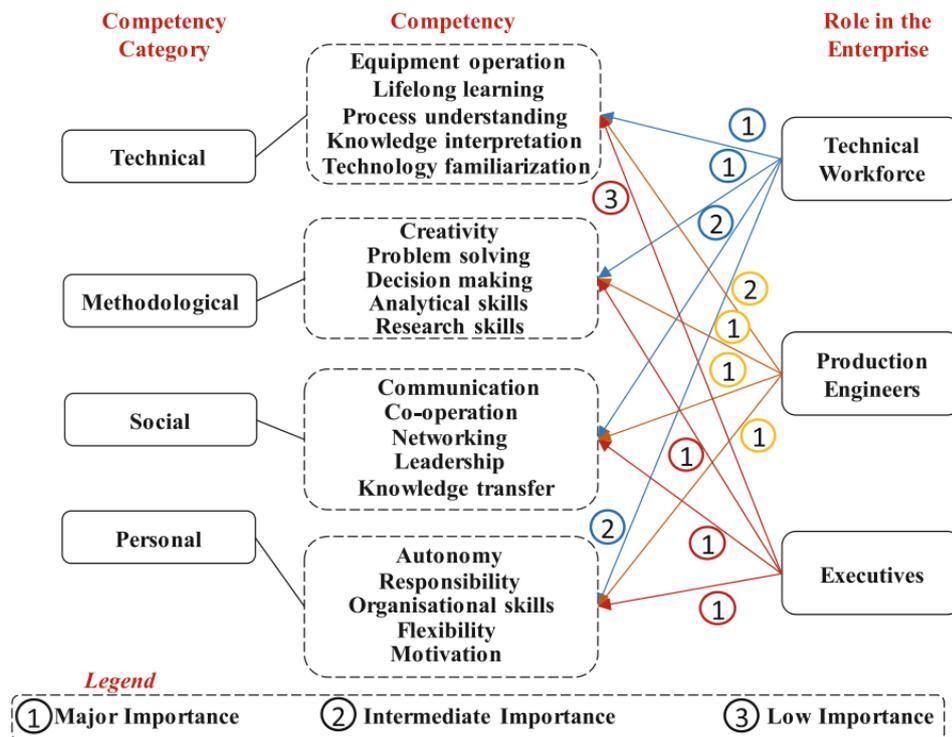


FIGURA 1. Competências da Indústria 4.0 e sua importância para desempenhar os papéis na empresa
 Fonte: Mourtzis, D. (2018). Development of skills and competences in manufacturing towards education 4.0: A teaching factory approach. *Lecture Notes in Mechanical Engineering* (Vol. 0, pp. 194-210): Pleiades Publishing. Doi: 10.1007/978-3-319-89563-5_15

Devido a essas novas tecnologias e à necessidade de repensar o sistema educacional, para que se adapte aos requisitos e desenvolva as competências da Indústria, surge a Educação 4.0. De acordo com Fisk (2017), existem nove princípios que guiam a E4.0, os quais são: (1) aprendizado não limitado ao tempo e espaço; (2) aprendizado personalizado de acordo com as capacidades e necessidades dos estudantes; (3) flexibilidade para o aluno escolher as ferramentas e recursos a serem utilizados; (4) aprendizagem baseada em projetos; (5) experiências práticas e experimentais, como estágios, projetos de mentoria e de colaboração; (6) interpretação de dados para inferir lógicas e tendências; (7) novas maneiras de avaliação, como testar o conhecimento aplicando-o em projetos de campo; (8) contribuição dos alunos para desenvolver e revisar os currículos; (9) aprendizado cada vez mais independente.

Pesquisas iniciais realizadas nas bases de dados Scopus, Web of Science e Science Direct, indicam que a primeira vez que o termo *Education 4.0* foi publicado foi em 2010 com a publicação do trabalho *Towards an art education 4.0* (Escalaño, 2010). Contudo, os estudos começaram a crescer exponencialmente a partir de 2017, como mostra a figura 2. No mês de março de 2021, encontravam-se 15 trabalhos publicados, indicando que as pesquisas sobre o tema devem continuar aumentando. Na figura 2, pode-se perceber essa evolução.

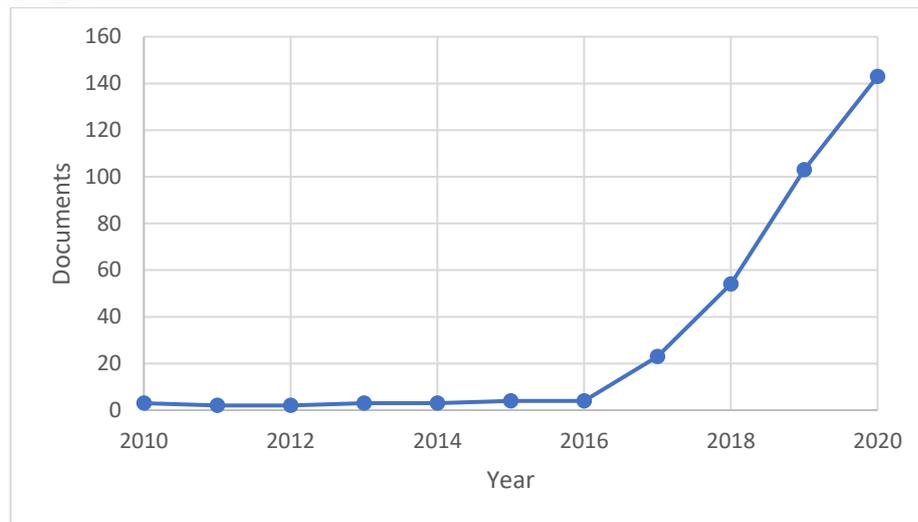


FIGURA 2. Gráfico da evolução dos artigos publicados sobre Educação 4.0
 Fonte: Adaptado de Scopus, Web of Science e ScienceDirect (2021).

Observando a evolução descrita na figura 2 como também a necessidade da Educação de se adaptar às novas necessidades do mercado de trabalho, desenvolvendo nos alunos características como liderança, pensamento crítico, criatividade, colaboração e proatividade, este artigo tem como objetivo *analisar qual a tecnologia da Indústria 4.0 mais usada na Educação 4.0, quais seus benefícios e em que nível de ensino ela é utilizada*. Para isso, foram pesquisados estudos publicados nas bases *Scopus* (Elsevier), *Web of Science* e *ScienceDirect* (Elsevier), a partir do ano de 2011.

Este artigo foi dividido em 5 seções, sendo a primeira a introdução já apresentada. A Seção 2 compreende uma breve revisão de literatura sobre a evolução ocorrida na Educação. Na Seção 3, encontra-se o método utilizado, com as definições e os critérios de pesquisa. Na Seção 4 são apresentados os resultados e discussões. A conclusão finaliza o artigo, na Seção 5.

2 Referencial teórico

A Educação passou por diversas mudanças ao longo das Revoluções Industriais até chegar ao estágio atual. Partindo da Primeira Revolução Industrial, no final do século XVIII e início do século XIX, tem-se o que denominamos de Educação 1.0. Suas características eram o ensino autoritário, centrado no professor, com o aluno recebendo passivamente os conteúdos. A partir daí, diversas fases do ensino foram ocorrendo, até chegar na época da Quarta Revolução Industrial e, conseqüentemente, à Educação 4.0 (Aliyu & Talib, 2020).

Mesmo antes do surgimento do termo Educação 4.0, já se discutia as diferenças entre o ensino tradicional e aquele que usa novos recursos. Sempre se pensou, por exemplo, em um aprendizado uniforme, ou seja, todos os estudantes deveriam aprender da mesma forma. Entretanto, as novas tecnologias trazem o benefício da personalização. Outras características do ensino clássico são a visão do professor como um especialista, o aprendizado por absorção, e o entendimento de que os alunos devem memorizar todo o conhecimento, de modo a não necessitar de nenhuma fonte externa. Com o uso das tecnologias, essas características são substituídas, respectivamente, por diversos modos de obter o conhecimento, pelo aprendizado na prática e pela habilidade de encontrar informações confiáveis (Collins & Halverson, 2010).

A Educação 4.0 lança mão de tecnologias da I4.0 e metodologias ativas. Alguns exemplos dessas metodologias são: Ensino Híbrido, ou seja, *online* e *offline*, com atividades à

distância, grupos de debate, etc.; Aprendizagem Baseada em Projetos ou Problemas (PBL); Sala de Aula Invertida, ou *Flipped Classroom* (FC), na qual os alunos estudam o conteúdo em casa e discutem suas dúvidas e aprendizados na escola; STEAM, sigla, em inglês, para o uso multidisciplinar de Ciências, Tecnologias, Engenharia, Artes e Matemática; e Cultura *Maker*, que representa a aprendizagem criativa e inovadora e o aprender fazendo (Silva *et al.*, 2020).

Já foram feitas revisões acerca do uso de tecnologias na Educação. Parmaxi e Demetriou (2020), por exemplo, realizaram estudos acerca da utilização de Realidade Aumentada (AR) no aprendizado de idiomas. A partir dos resultados, os autores identificaram que tal recurso aumenta a motivação, satisfação e engajamento dos estudantes, além de facilitar o entendimento do conteúdo e ampliar as possibilidades de atividades. Lou *et al.* (2021) e Liu *et al.* (2021) também fizeram revisões sobre a Realidade Virtual e dispositivos Mobile na educação, respectivamente. O diferencial de nosso trabalho está no fato de estudar a utilização de uma tecnologia em todas as áreas e fases do ensino no contexto da Educação 4.0.

Mas, para entender os benefícios da utilização das novas tecnologias na Educação, há necessidade de definir qual delas está mais presente e quais são seus usos.

3 Metodologia

Foi realizada uma revisão sistemática de literatura, que tem o objetivo de identificar, avaliar e interpretar os estudos relevantes a uma área, um fenômeno de interesse ou algumas questões de pesquisa. Com ela, é possível resumir o conhecimento e evidências acerca de um tópico específico, além de auxiliar em futuras pesquisas, identificando lacunas sobre o tema e fornecendo um *background* para os novos pesquisadores (Keele, 2007).

Para este trabalho, estruturou-se a revisão sistemática de literatura a partir do modelo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Liberati, *et al.* 2009; Moher *et al.*, 2015; Mcinnes *et al.*, 2018). Ele é dividido em quatro fases, as quais são: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão (Liberati *et al.*, 2009). Para a fase de triagem, o modelo de Gohr *et al.* (2013) também foi utilizado.

Tendo em vista o objetivo do estudo, foram elaboradas as seguintes questões:

Q1 – Qual a tecnologia da Indústria 4.0 mais presente na Educação 4.0 e quais são seus benefícios?

Q2 - Em que nível de ensino ela está sendo utilizada?

Para a busca dos documentos, foram selecionadas as bases *Scopus* (Elsevier), *Web of Science* (Clarivate Analytics) e *ScienceDirect* (Elsevier). O período de busca foi delimitado entre 2011, por ser o ano do surgimento do termo Indústria 4.0, e março de 2021. As pesquisas foram realizadas unindo o termo *Education* 4.0 com as principais tecnologias da Indústria 4.0. Para a seleção das tecnologias, observou-se as definições de Maier (2017) e Dalmarco *et al.* (2019).

Para responder às perguntas, foram desenvolvidas as buscas especificadas no quadro 1.

Quadro 1. Protocolo PRISMA sobre Educação 4.0

Fonte: Adaptado de Moher *et al.*, 2015.

<p>Identificação</p>	<p>Base de dados: As bases <i>Science Direct</i>, <i>Scopus</i> e <i>Web of Science</i> foram escolhidas por serem reconhecidas como as mais importantes na área da ciência e tecnologia.</p> <p>Palavras-chave: Foram utilizados termos relacionados com Educação e tecnologias da indústria 4.0.</p> <p>As palavras chave foram associadas de acordo com a relação a seguir:</p> <p>1ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>internet of things</i>” OR “<i>IoT</i>”</p> <p>2ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>big data</i>” OR “<i>big data analytics</i>”</p> <p>3ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>machine learning</i>”</p> <p>4ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>cloud computing</i>” OR “<i>cloud</i>”</p> <p>5ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>virtual reality</i>” OR “<i>vr</i>”</p> <p>6ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>augmented reality</i>”</p> <p>7ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>autonomous robots</i>” OR “<i>collaborative robots</i>”</p> <p>8ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>additive manufacturing</i>” OR “<i>3D printing</i>”</p> <p>9ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>simulation</i>” OR “<i>virtual environment</i>”</p> <p>10ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>cybersecurity</i>” OR “<i>cyber security</i>” OR “<i>blockchain</i>”</p> <p>11ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>CPS</i>” OR “<i>cyber physical system</i>” OR “<i>cyber-physical system</i>”</p> <p>12ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>industrial internet</i>”</p> <p>13ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>integrated systems</i>”</p> <p>14ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>AI</i>” OR “<i>artificial intelligence</i>” OR “<i>neural network</i>”</p> <p>15ª busca: “<i>education 4.0</i>” AND “<i>mobile</i>” OR “<i>wearable</i>”</p>
----------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<i>Years Publication/Language: O critério de seleção foi elaborado levando em conta o período 2011 até março de 2021. Linguagem: somente textos em inglês.</i>
Triagem	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analisar a duplicidade. O software Mendeley versão 1803 foi usado como suporte para identificar se há duplicidade entre artigos selecionados. ✓ Leitura dos títulos, resumos e palavras-chaves para escolha de artigo por tema.
Elegibilidade	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Verificar a possibilidade de acesso dos textos completos dos artigos. ✓ Análise pelo SciMAT, para definição de artigos para análise qualitativa.
Inclusão	<ul style="list-style-type: none"> ✓ De artigos relacionados com o tema advindos de outras bases de periódicos. ✓ De outros artigos já conhecidos.

O tipo de documento foi limitado apenas a artigos originais, de modo a evitar revisões e trabalhos já analisados. Somando os resultados das buscas, foram encontrados 260 documentos. Contudo, muitos deles se repetiram. Por isso, foi utilizado o *software* Mendeley versão 1803, excluindo trabalhos duplicados. Após, foi seguido o modelo de protocolo adaptado de Gohr *et al.* (2013) e de Moher *et al.* (2015) para a exclusão quantitativa de documentos. Chegou-se a 53 artigos. A figura 4 mostra as etapas realizadas.

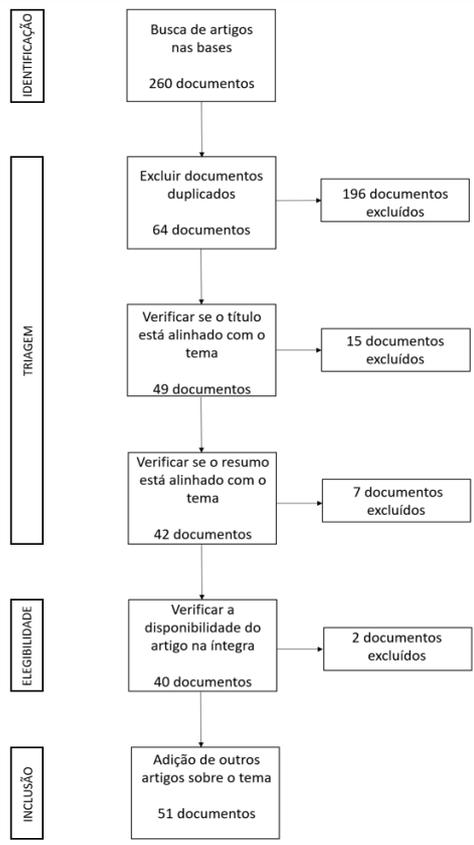


FIGURA 3. Protocolo PRISMA para seleção de artigos
 Fonte: Adaptado de Moher, D. *et al.* (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4(1), Article 1. Doi: 10.1186/2046-4053-4-1 e Gohr et al. (2013) Um método para a revisão sistemática da literatura em pesquisas de engenharia de produção. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 33.

A análise dos artigos foi dividida em duas partes: primeiramente, realizou-se uma análise quantitativa dos documentos, utilizando o software SciMat. Assim, foi possível obter informações relevantes, como temas motores, integração de tecnologias, principais autores, entre outras. Depois, os artigos com as tecnologias mais relevantes serão analisados para responder às questões do estudo.

4 Análise dos resultados

Usando o software SciMat, as palavras-chave dos artigos foram processadas e divididas nos seguintes períodos: 2011-2013; 2014-2015; 2016-2017; 2018-2019 e 2020-2021. O primeiro deles foi o único a incluir três anos, já que o tema ainda estava em seus estágios iniciais.

Com base nos resultados gerados pelo software e na análise realizada pelos autores, as perguntas do artigo puderam ser respondidas. A tecnologia da Indústria 4.0 mais usada na Educação é Realidade Aumentada, com 9 documentos. Depois dela, seguem: Simulação (5 documentos), Internet das Coisas (4 documentos), Realidade Virtual (3 documentos), Big Data (3 documentos), Cloud Computing (3 documentos), Cyber-Physical System (3 documentos) e Mobile (3 documentos). Inteligência Artificial, Machine Learning e Autonomous Robots apresentam um documento cada. Esses valores foram obtidos através da contagem do número de trabalhos com tais palavras-chave e seus sinônimos dentro do SciMat. A tabela 1 com todas

as tecnologias presentes e o número de trabalhos em que foram utilizadas é apresentada a seguir, na tabela 1.

Quadro 2. Tecnologias e número de aparições entre as palavras-chave

Tecnologia	Número de documentos
Augmented Reality	9
Simulation	5
Internet of Things	4
Virtual Reality	3
Big Data	3
Cloud Computing	3
Cyber-Physical System	3
Mobile	3
Artificial Intelligence	1
Machine Learning	1
Autonomous Robots	1

Como alguns trabalhos apresentam mais de uma tecnologia ao longo do texto, sem que esta esteja presente nas palavras-chave, selecionamos todos os artigos do parágrafo anterior para leitura, de modo a não excluir algum que pudesse conter a Realidade Aumentada. Chegou-se, assim, a 23 documentos. Antes da leitura, porém, observamos os resultados relacionados à AR nas figuras do SciMat.

No período de 2018 – 2019, a Realidade Aumentada está presente com grande relevância, ligada a outras tecnologias da Indústria 4.0, como *Big Data*, Internet das Coisas e Inteligência Artificial. Isso indica uma união entre elas nos trabalhos, seja por meio de cursos nos quais são ensinadas ou de atividades práticas. A figura 5 mostra o *cluster* obtido no SciMat.

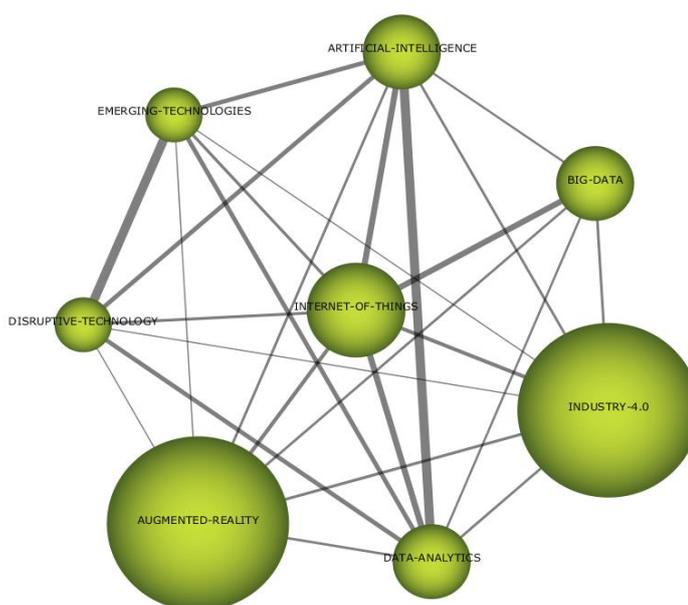


FIGURA 4. Cluster de 2018-2019 com Realidade Aumentada

Em 2020 e 2021, a AR aparece novamente. Desta vez, suas ligações são com *Learning Factory* e design colaborativo. Isso demonstra seu uso em um contexto industrial, muito provavelmente para o ensino superior, em cursos relacionados à manufatura. A figura 6 mostra o *cluster* com a tecnologia.

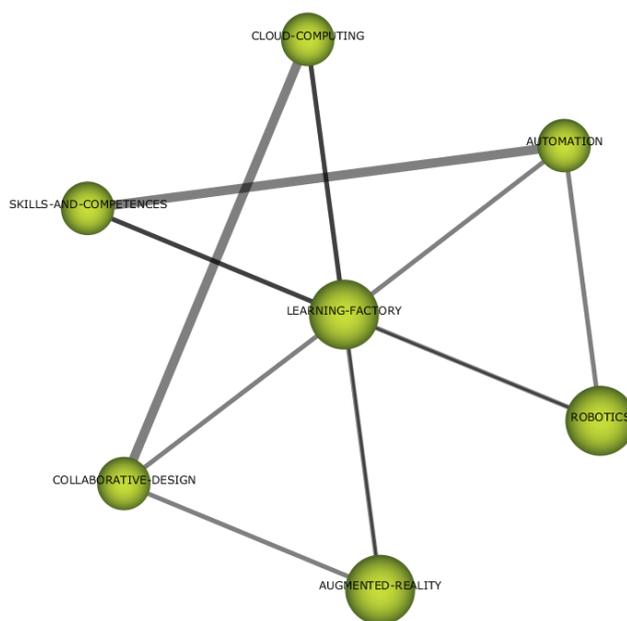


FIGURA 5. Cluster de 2020-2021 com Realidade Aumentada

A partir de sua leitura dos artigos, foi elaborada a figura 7, que sintetiza como a AR colabora com o aprendizado. Nos parágrafos seguintes, os resultados são detalhados.

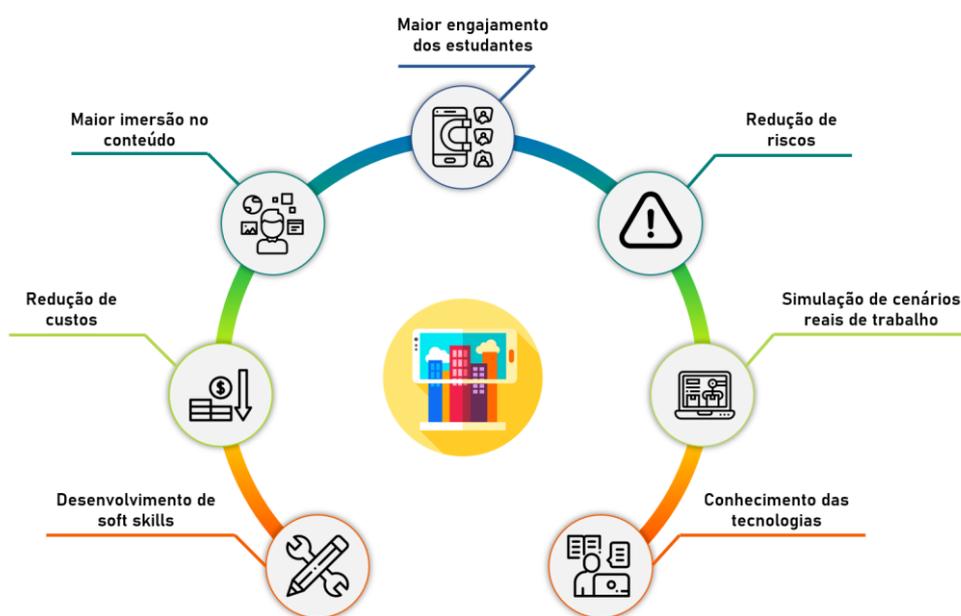


FIGURA 6. Benefícios da utilização de Realidade Aumentada na Educação

Trabalhos como o de Catal e Tekinerdogan (2019) e o de Aliyu e Talib (2020) ressaltam o fato de as tecnologias, no caso, a Realidade Aumentada, além de promoverem o aprendizado, também desenvolvem *soft skills* nos estudantes, como criatividade, cooperação, comunicação e capacidade de resolução de problemas. Estas são competências essenciais para a Indústria 4.0, conforme descrito por Mourtzis (2018) e Kipper *et al.* (2021).

Juntamente com a Realidade Virtual (VR), a Realidade Aumentada é muito útil na visualização dos conteúdos, possibilitando uma maior imersão no aprendizado. No ensino da química, por exemplo, dois artigos, *Augmented reality to promote guided discovery learning for STEM learning* (Majid & Majid, 2018) e *Integration of augmented reality in learning chemistry: A pathway for realization of industrial revolution 4.0 goals* (Aliyu & Talib, 2020) discorrem sobre a melhoria no entendimento de modelos atômicos, estruturas e propriedades dos materiais a partir do uso de AR. A mesma situação se repete em laboratórios, sejam eles físicos ou remotos, nos quais os experimentos são mais facilmente compreendidos com o auxílio de tais recursos (Grodzki *et al.*, 2018; Sonntag *et al.*, 2019).

Há um uso considerável de diversas tecnologias em *Learning Factories*, o que é natural, devido à necessidade dos estudantes de aprenderem na prática como será seu futuro no mercado de trabalho. Nesse cenário, a Realidade Aumentada e a Simulação permitem o estudo sem que seja necessário alterar o produto ou processo físico, o que reduz custos e riscos de erros. Dessa forma, os futuros engenheiros entram em contato com os recursos que estarão presentes em seus trabalhos e podem explorar suas capacidades em um ambiente virtual (Mourtzis *et al.*, 2019; Mourtzis *et al.*, 2020; Zarte & Pechmann, 2020).

Diversos estudos focam no aprendizado das tecnologias propriamente ditas, para habilitar os estudantes para uma indústria que utilizará, cada vez mais, tais recursos. Catal e Tekinerdogan (2019) desenvolveram cursos sobre *Internet of Things (IoT)*, *Big Data*, *Additive Manufacturing*, *Augmented Reality (AR)*, *Cloud Computing*, *Cyber-Physical Systems (CPS)*, *Cybersecurity*, entre outras. Ellahi *et al.* (2019), por sua vez propuseram uma nova matriz curricular para o Ensino Superior. Ela envolveria o ensino de Big Data, Internet das Coisas, Computação em Nuvem, Inteligência Artificial e Realidade Aumentada.

Assim como para as outras tecnologias da Indústria 4.0, o nível de ensino que mais utiliza a AR é o ensino superior, estando presente em sete dos dez artigos que comentavam sobre ela. Destaca-se, ainda, seu uso em cursos de Engenharia. O ensino médio ocupa o segundo lugar, com dois artigos. Ensino fundamental e educação infantil não possuem pesquisas. Um dos trabalhos trata sobre educação profissionalizante. A figura 8 apresenta o gráfico com o número de artigos em cada nível de ensino.

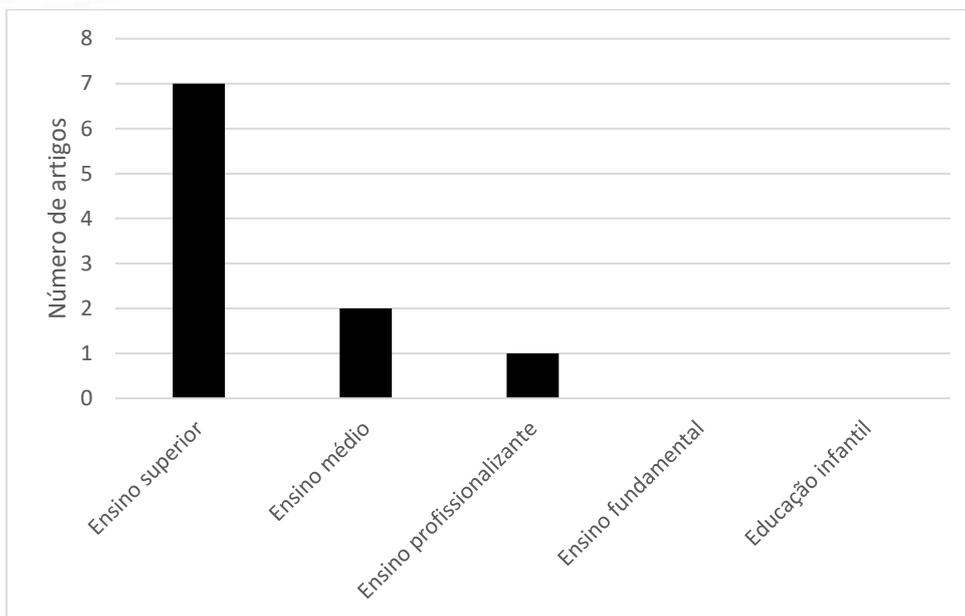


FIGURA 7. Número de artigos em cada nível do ensino

5 Conclusões

A partir da análise e leitura dos artigos selecionados, percebe-se que a tecnologia da Indústria 4.0 mais utilizada na Educação 4.0 é a Realidade Aumentada. Suas vantagens vão desde uma maior imersão nos conteúdos até uma redução de custos e riscos. Além disso, seu uso auxilia no desenvolvimento de competências consideradas essenciais para o futuro do mercado de trabalho, como criatividade e capacidade de resolução de problemas. Observa-se que a AR, juntamente com a VR e a Simulação, são os recursos que participam mais efetivamente no aprendizado. Outras, como Big Data e Computação em Nuvem fornecem um apoio para que o processo de ensino seja executado da melhor maneira possível.

O foco de uso da Realidade Aumentada é o ensino superior. Contudo, espera-se que a Educação 4.0 e, neste caso, a AR, não fique restrita aos cursos de Engenharia e às universidades. Dessa forma, para trabalhos futuros, sugerimos pesquisas sobre seus usos na educação infantil e no ensino fundamental. Ela é muito útil e vantajosa em todos os níveis, uma vez que, além de apoiar o aprendizado, é crucial para manter o engajamento de muitos alunos que já não estão motivados com o ensino tradicional.

6 Referências

- Aliyu, F., & Talib, C. A. (2020). Integration of augmented reality in learning chemistry: A pathway for realization of industrial revolution 4.0 goals. *Journal of Critical Reviews*, 7(7), 854-859. Doi: 10.31838/jcr.07.07.155
- Catal, C., & Tekinerdogan, B. (2019). Aligning Education for the Life Sciences Domain to Support Digitalization and Industry 4.0. *Procedia Computer Science*, 158, 99-106. Doi: 10.1016/j.procs.2019.09.032
- Collins, A., & Halverson, R. (2010). The second educational revolution: Rethinking education in the age of technology. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(1), 18-27. Doi: 10.1111/j.1365-2729.2009.00339.x
- Cugno, M., Castagnoli, R., & Büchi, G. (2021). Openness to Industry 4.0 and performance: The impact of barriers and incentives. *Technological Forecasting and Social Change*, 168, Article 120756. Doi: 10.1016/j.techfore.2021.120756
- Dalmarco, G., Ramalho, F. R., Barros, A. C., & Soares, A. L. (2019). Providing industry 4.0 technologies: The case of a production technology cluster. *Journal of High Technology Management Research*, 30(2), Article 100355. Doi: 10.1016/j.hitech.2019.100355
- Ellahi, R. M., Ali Khan, M. U., & Shah, A. (2019). Redesigning Curriculum in line with Industry 4.0. *Procedia Computer Science*, 151, 699-708. Doi: 10.1016/j.procs.2019.04.093
- Escaño, C. (2010). Towards an art education 4.0. *Arte, Individuo y Sociedad*, 22(1), 135-144.
- Fisk, P. (2017, January 24). Education 4.0 ... the future of learning will be dramatically different, in school and throughout life [Article]. Retrieved from: <https://www.peterfisk.com/2017/01/future-education-young-everyone-taught-together/>
- Gohr, C. F., Santos, L. C., Gonçalves, A. M. C., & Pinto, N. O. (2013). Um método para a revisão sistemática da literatura em pesquisas de engenharia de produção. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 33.
- Keele, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering (Vol. 5). *Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE*.
- Kipper, L. M., Iepsen, S., Dal Forno, A. J., Frozza, R., Furstenu, L., Agnes, J., & Cossul, D. (2021). Scientific mapping to identify competencies required by industry 4.0. *Technology in Society*, 64, Article 101454. Doi: 10.1016/j.techsoc.2020.101454
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *PLoS Medicine*, 6(7), Article e1000100. Doi: 10.1371/journal.pmed.1000100

Liu, C., Zowghi, D., Kearney, M., & Bano, M. (2021). Inquiry-based mobile learning in secondary school science education: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(1), 1-23. Doi: 10.1111/jcal.12505

Luo, H., Li, G., Feng, Q., Yang, Y., & Zuo, M. (2021). Virtual reality in K-12 and higher education: A systematic review of the literature from 2000 to 2019. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(3), 887-901. Doi: 10.1111/jcal.12538

Maier, J. (2017). Made smarter review (2017). *Department for Business EIS. The Stationery Office*. London.

Majid, N. A. A., & Majid, N. A. (2018b). Augmented reality to promote guided discovery learning for STEM learning. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(4-2), 1494-1500. Doi: 10.18517/ijaseit.8.4-2.6801

McInnes, M. D. F., Moher, D., Thombs, B. D., McGrath, T. A., Bossuyt, P. M., Clifford, T., Cohen, J. F., Deeks, J. J., Gatsonis, C., Hooft, L., Hunt, H. A., Hyde, C. J., Korevaar, D. A., Leeflang, M. M. G., Macaskill, P., Reitsma, J. B., Rodin, R., Rutjes, A. W. S., Salameh, J. P., Stevens, A., Takwoingi, Y., Tonelli, M., Weeks, L., Whiting, P., Willis, B. H., & Group, P.-D. (2018). Preferred Reporting Items for a Systematic Review and Meta-analysis of Diagnostic Test Accuracy Studies The PRISMA-DTA Statement. *JAMA - Journal of the American Medical Association*, 319(4), 388-396. Doi: 10.1001/jama.2017.19163

Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A., Group, P.-P., Altman, D. G., Booth, A., Chan, A. W., Chang, S., Clifford, T., Dickersin, K., Egger, M., Gøtzsche, P. C., Grimshaw, J. M., Groves, T., Helfand, M., Higgins, J., Lasserson, T., Lau, J., Lohr, K., McGowan, J., Mulrow, C., Norton, M., Page, M., Sampson, M., Schünemann, H., Simera, I., Summerskill, W., Tetzlaff, J., Trikalinos, T. A., Tovey, D., Turner, L., & Whitlock, E. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4(1), Article 1. Doi: 10.1186/2046-4053-4-1

Mourtzis, D. (2018). Development of skills and competences in manufacturing towards education 4.0: A teaching factory approach. *Lecture Notes in Mechanical Engineering* (Vol. 0, pp. 194-210): Pleiades Publishing. Doi: 10.1007/978-3-319-89563-5_15

Mourtzis, D., Siatras, V., Angelopoulos, J., & Panopoulos, N. (2020). An Augmented Reality Collaborative Product Design Cloud-Based Platform in the Context of Learning Factory. *Procedia Manufacturing*, 45, 546-551. Doi: 10.1016/j.promfg.2020.04.076

Mourtzis, D., Vasilakopoulos, A., Zervas, E., & Boli, N. (2019). Manufacturing System Design using Simulation in Metal Industry towards Education 4.0. *Procedia Manufacturing*, 31, 155-161. Doi: 10.1016/j.promfg.2019.03.024

Mourtzis, D., Vlachou, E., Dimitrakopoulos, G., & Zogopoulos, V. (2018). Cyber-Physical Systems and Education 4.0 –The Teaching Factory 4.0 Concept. *Procedia Manufacturing*, 23, 129-134. Doi: 10.1016/j.promfg.2018.04.005

Parmaxi, A., & Demetriou, A. A. (2020). Augmented reality in language learning: A state-of-the-art review of 2014–2019. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(6), 861-875. Doi: 10.1111/jcal.12486

Silva, E. C., Viana, H. B., & de Barros Vilela, G. (2020). Active methodologies in a professional technical school. *Revista Portuguesa de Educacao*, 33(1), 158-173. Doi: 10.21814/RPE.18473

Sonntag, D., Albuquerque, G., Magnor, M., & Bodensiek, O. (2019). Hybrid learning environments by data-driven augmented reality. *Procedia Manufacturing*, 31, 32-37. Doi: 10.1016/j.promfg.2019.03.006

Thames, L., & Schaefer, D. (2016). Software-defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 52, 12-17. Doi: 10.1016/j.procir.2016.07.041

Zarte, M., & Pechmann, A. (2020). Implementing an Energy Management System in a Learning Factory – A Project-Based Learning Approach. *Procedia Manufacturing*, 45, 72-77. Doi: 10.1016/j.promfg.2020.04.068