REALIDADE AUMENTADA APLICADA NA INDÚSTRIA: UMA ANÁLISE NA LITERATURA SOBRE APLICAÇÕES, BENEFÍCIOS E DESAFIOS

Ana Julia Dal Forno (UFSC Blumenau) ana.forno@ufsc.br
Beatriz Picinin Pinheiro (UFSC Blumenau) biappinheiro@gmail.com
Giovana Ferreira Bizello (UFSC Blumenau) gibizello@outlook.com
Jacqueline Rodrigues Moraes (UFSC Blumenau) jacquelinemoraes07@gmail.com

Resumo

No contexto da quarta revolução industrial, a realidade aumentada é uma tecnologia que gradualmente ganha notoriedade e possui um grande potencial a ser explorado, principalmente nas empresas. Entretanto, ainda é uma das menos estudadas e aplicadas. Esse artigo teve como objetivos mapear, através de revisão sistemática da literatura, quais são os países que mais publicam sobre o tema, suas áreas de aplicação, oportunidades e desafios. Nos resultados há algumas definições de realidade aumentada, assim como a identificação que os países que mais publicam são Itália, Alemanha e Reino Unido. Os setores que há mais aplicações são os automotivos, aeroespacial, eletrônico e mecânico e os óculos são vantajosos nas montagens manuais, manutenção e treinamento nas fábricas, sendo relatados ganhos de aumento de precisão nas tarefas, agilidade na tomada de decisões e diminuição do custo de realização da tarefa. Dentre as barreiras, observou-se fortemente os altos custos de customização dos óculos e fatores ergonômicos, além de escolhas erradas do dispositivo e a falta de interoperabilidade.

Palavras-Chaves: indústria 4.0, realidade aumentada, revisão de literatura.

1. Introdução

A quarta revolução industrial ou indústria 4.0 é caracterizada como um fenômeno que está mudando em grande escala a automação e a troca de dados, assim como, as etapas da produção e os modelos de negócios. Ela tem como pilares a automação industrial e a integração de diferentes tecnologias, dentre elas: internet das coisas (IoT), robôs autônomos, cibersegurança, realidade aumentada, simulação virtual, integração horizontal e vertical dos sistemas, computação em nuvem, big data e manufatura aditiva. Todas têm a meta de promover a digitalização das atividades industriais, maior eficiência e produtividade dos processos (SCHWAB, 2019).

Nesse contexto, esse artigo tem o foco na tecnologia da realidade aumentada. Assim, o objetivo foi mapear a literatura os países que publicam sobre o tema, as áreas industriais que essa tecnologia é mais utilizada, além de identificar desafios e oportunidades da implantação da realidade aumentada nas empresas.

A realidade aumentada é uma tecnologia que faz a integração do meio real com o virtual, ou seja, interação homem-máquina, promovendo a exposição de elementos virtuais sobre a imagem do ambiente real através da tela de algum dispositivo (celular, computador, *tablet*, etc.). Com ela é possível melhorar, enriquecer e contribuir para que algumas informações importantes sejam inseridas no ambiente real, dando a impressão que essas informações já fazem parte deste ambiente, podendo ser usada nas mais variadas aplicações, em espaços internos e externos (AZUMA apud CARDOSO et al., 2020; MESQUITA et al, 2018).

O artigo está estruturado da seguinte forma: essa introdução que apresenta o tema e seus objetivos, na seção 2 há o procedimento metodológico que explica a revisão de literatura feita, as bases de dados e período pesquisado, além dos critérios de classificação dos trabalhos relevantes. Nesse item também há a definição das perguntas da pesquisa. Na sequência, nos resultados são descritas as definições de realidade aumentada encontradas na literatura, assim como os países que mais publicam sobre o tema, áreas industriais que a tecnologia é utilizada, benefícios e desafios. Na seção 4 há as conclusões e por fim as referências são listadas.

2. Metodologia

Este estudo foi realizado com uma análise dos artigos científicos encontrados na base de dados Science Direct do período entre 2018 até 07/06/2021. A Tabela 1 mostra o histórico da busca feita que utilizou as palavras-chave "*Augmented Reality*" AND "*Industry 4.0*". Além disso também foi incluído um artigo-chave de 2014 e bastante referenciado. Assim, foram analisados nesse trabalho 35 artigos que serão detalhados.

Tabela 1 – Histórico da pesquisa realizado na base de dados Science Direct

Filtros	Total de artigos
"Augmented reality" AND "Industry 4.0"	954
Ano (2018 - 2021)	515
Tipo (revisão/ pesquisa)	450

Áreas (engenharia/ negócios)	343
Título/ abstract (foco indústria)	112
Artigos relevantes – foco estudo	35

Fonte: Autores (2021)

Segundo Chung (2006), a revisão sistemática é um dos métodos mais científicos para resumir a literatura, pois além de ser reprodutível, combina resultados de diferentes estudos. Assim, depois da definição dos critérios de pesquisa e seleção dos trabalhos, faz-se a leitura dos mesmos com um olhar crítico para extrair as respostas das perguntas feitas conforme os passos dessa metodologia (vide Figura 1).

Figura 1 – Passos da Revisão Sistemática

Fonte: Autores (2021)

A revisão sistemática da literatura buscou responder as questões:

a) O que é realidade aumentada industrial?;
b) Quais são os países que mais publicam sobre realidade aumentada?;
c) Quais são as setores industriais que aparecem mais publicações?;
d) Quais os benefícios da realidade aumentada?;
e) Quais os principais desafios existentes na aplicação dessa tecnologia?.

3. Resultados

Iniciando pelos conceitos de realidade aumentada, segundo Mourtzis et al. (2020), é uma tecnologia digital de ponta, permitindo a projeção de informações digitais sobre o ambiente físico do usuário.

Para Pilatia et al. (2020), a realidade aumentada é uma tecnologia digital que permite a visualização de informações 3D geradas por computador no campo de visão do usuário, registrado no ambiente físico.

A realidade aumentada é uma variação da realidade virtual, na qual os objetos virtuais são sobrepostos no ambiente real que deve atender a três requisitos: combine objetos virtuais e reais em um ambiente real, execute interativamente e em tempo real, registre-se real e virtual objetos uns com os outros. Os tipos mais usados são os tipos montados na cabeça (HMD – *Head-Mounted Display*), também conhecidos por "*hardware wearable*", como óculos ou capacetes. Outro tipo são os com telas móveis, como smartphones e tablets, ou fixas (monitores para exibir objetos virtuais). Nestes sistemas, uma câmera acoplada é responsável por capturar o mundo real, enquanto um dispositivo, ou um computador conectado, renderiza a imagem virtual e projeta-a na tela do equipamento (Azuma apud Cardoso et al., 2020; Nishihara e Okamoto, 2015).

Figura 2 – Quatro modelos de óculos de realidade aumentada

Fonte: Site dos fabricantes (2021)

Para ilustrar, a Figura 2 apresenta quatro tipos de óculos de realidade aumentada existentes no mercado, sendo: a) *Oculus Quest 2 all-in-one VR Gaming Headset* 256 GB; b) *HTC Vive Cosmos Elite*; c) *Valve Index VR* (2020) e d) *Microsoft Hololens* 2. Segundo Stief et al. (2018), os óculos *Hololens* possibilitam que o usuário visualize o ambiente diretamente sobre o qual as informações são sobrepostas (janelas holográficas, peças 3D no sistema real), onde o usuário fica livre para fazer qualquer movimento sem precisar segurar os óculos e também

não precisa de uma conexão com fio. Porém, o seu uso excessivo pode ocasionar uma sobrecarga visual que pode levar a uma sobrecarga cognitiva, por isso é aconselhável limitar o número de informações por visualizações. Outra questão envolvida é a sobrecarga mental que o uso pode proporcionar, sendo o indicado a sua utilização apenas em casos que necessite o aumento da interação indireta (QESHMY et al., 2018).

Na Figura 3 há os países que mais publicam sobre o tema, sendo que já se percebe parcerias principalmente nos países da Europa. A Itália é responsável por 22% das publicações, seguidos da Alemanha (13%), Reino Unido (11%) e Espanha (8,7%). Na sequência está o Brasil, juntamente com o mesmo número da Grécia, Estados Unidos e Suécia. Convém destacar que das publicações brasileiras, duas são dos mesmos autores da Universidade Federal de São Paulo, Universidade de Lisboa e empresa Embraer. A outra publicação do Brasil é uma parceria da PUCPR com dois institutos de pesquisa da Suécia.

Figura 3 – Artigos por Países

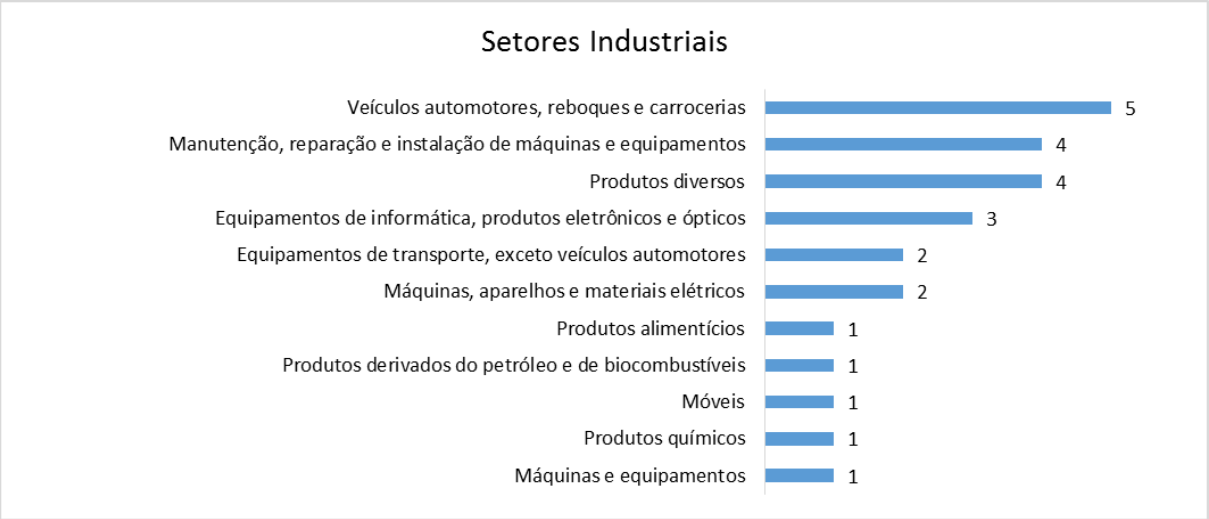
Fonte: Autores (2021)

Bottani e Vignali (2019) observaram que mais da metade de todos os artigos de periódicos, com foco em realidade aumentada industrial, se concentra em apenas cinco países: Singapura, Alemanha, Itália, EUA e China, sendo que muitos países tiveram apenas dois artigos em periódicos publicados. Eles também observaram que a maioria das implementações da literatura atual são realizadas em ambientes de laboratório.

Durante a última década, muitos trabalhos de pesquisa foram apresentados com foco no desenvolvimento de realidade aumentada baseado em estruturas para o treinamento de novos funcionários e na prestação de orientação remota (PILATIA, 2020).

A aplicação da realidade aumentada no setor automotivo é um dos mais usados no setor industrial, visto que as peças da montadora de veículos são muito complexas e a captação dessas informações depende de uma inteligência artificial para a sua eficácia, permitindo então a possibilidade de visualizar onde deve ser modificado ou melhorado para o rastreamento dos erros de montagem (QESHMY et al., 2018). Isso pode ser comprovado na Figura 4, ou seja, que o setor industrial que há mais aplicações dessa tecnologia é a de veículos automotores, reboques e carrocerias.

Figura 4 – Setores Industriais



Fonte: Autores (2021)

Marino et al. (2021) reforçam que a realidade aumentada é uma das tecnologias mais promissoras para auxiliar os trabalhadores do setor industrial. Através de um estudo de caso, os autores concluíram que a aplicação dessa tecnologia auxiliou na manutenção das tubulações de uma fábrica de gás, tanto para os trabalhadores, que avaliaram muito bem o processo, quanto para o processo de manutenção, que não apresentou erros.

Rempel et al. (2019) também apresentou os principais passos para a implementação da realidade aumentada na manutenção de máquinas. Como exemplo, realizou-se a implementação em uma fábrica modelo, a fim de mostrar todo o passo-a-passo, e os dispositivos e softwares utilizados.

Já para a área de manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos, o artigo de Plakasa et. al. (2021), a aplicação da realidade aumentada foi implementada na parte de logística, mas ainda é algo bem novo, podendo ter inúmeras oportunidades futuras nas

implementações em configurações reais de produção. Para a geração automática da realidade aumentada em instruções de manutenção, as principais limitações identificadas durante a conceituação da estrutura são que o módulo de visão computacional não pode fornecer resultados em tempo real, ao invés disso, é capaz de produzir resultados confiáveis em tempo quase real e por extensão como o volume dos dados de entrada aumenta, o tempo computacional aumenta exponencialmente.

Bottani et al. (2021) apresentaram uma solução para manutenção de fábricas utilizando um smartphone e um *smart glass* com realidade aumentada. A solução visa alertar os operadores quando um alarme ocorre em uma máquina por meio de notificações enviadas para o smartphone e, em seguida, fornece as instruções necessárias, através do *smartglass*, para solucionar o problema que o alarme detectou. Os resultados da fase de testes mostraram que a usabilidade do celular e os dispositivos baseados em realidade aumentada foram avaliados positivamente por todos os usuários envolvidos. Em geral, os usuários gostaram do aplicativo móvel, o que provavelmente é uma tecnologia mais familiar, enquanto o uso do *Hololens* foi considerado menos utilizáveis, embora um funcionário tenha indicado essa tecnologia como a preferida para intervenções complexas na fábrica.

Os autores Fiorentino et al. (2014) realizaram um estudo empírico que avalia a eficácia da manutenção técnica com instruções interativas de realidade aumentada. Eles realizaram um teste com 14 pessoas, as quais tinham que realizar a manutenção de uma máquina de duas formas: utilizando um manual de papel e, utilizando realidade aumentada. As análises estatísticas confirmaram que uma configuração industrial personalizada de realidade aumentada melhorou o tempo de conclusão dos participantes e a taxa de erro, pois o usuário pode se concentrar nas tarefas sem ter que alcançar o manual e/ou memorizar sequências longas de tarefas. Além disso, os resultados qualitativos confirmam fortemente a apreciação subjetiva do modo de instrução utilizando realidade aumentada.

Há também aplicações da realidade aumentada na medicina. No estudo de Arpaia et. al. (2021) foi desenvolvido um sistema que conectava a realidade aumentada e uma interface cérebro-computador para analisar os dados de monitores dos pacientes de hospitais. Com esse sistema, quando os médicos utilizam os "*smart glasses*", como dispositivo para realidade aumentada, e a interface cérebro-computador, que é capaz de captar qual dado o médico gostaria de ter acesso, eles são capazes de analisar os dados dos pacientes. Esse sistema é um

facilitador, pois assim os médicos ficam com as mãos livres, caso necessite fazer algum procedimento.

3.1. Benefícios e desafios da realidade aumentada

Por fim, para responder as últimas questões do objetivo desse artigo, serão descritas conjuntamente os benefícios e desafios da realidade aumentada.

Assim, para Lambrecht et. al. (2021) a realidade aumentada tem o potencial de facilitar a interação com robôs, melhorando a compreensão espacial do operador, bem como fornecer suporte cognitivo adicional, por exemplo tornar o manual de processos de programação mais eficiente e fornecer simulação no local.

Para Mourtzis et al. (2020), a realidade aumentada pode diminuir consideravelmente em 30% ou mais o tempo médio de reparo nas instruções de manutenção, onde envolve a comunicação remota dos trabalhadores da fábrica com os fornecedores de máquinas, a fim de conduzir a manutenção e inspeção na hora certa e com mais rapidez da reprodução do erro e a forma de reparo em tempo real.

O tempo de montagem dos produtos eletrônicos podem ser reduzidos em até 51% em comparação com instruções tradicionais, e o aumento de 22% em aprendizagem do processo de montagem manual durante a fase de treinamento, o que também contribuiu para a taxa de qualidade do mesmo (PILATIA et al, 2020).

A fim de avaliar a aceitação da realidade aumentada no ambiente industrial, Schuster et. al. (2021) realizaram um estudo, primeiramente teórico, e após uma pesquisa crítica, os autores criaram um modelo próprio para medir a aceitação da realidade aumentada. Os autores concluíram que a intenção de usar a realidade aumentada gera uma boa influência sobre o comportamento de uso, a imagem gerada pelo dispositivo da realidade aumentada também gera boa influência para o uso, e o dado com maior relevância é que a influência social influencia positivamente a intenção do uso.

Para Stief et al. (2018), a realidade aumentada foi utilizada em uma experiência de projeto com os alunos de uma universidade, em que o uso dos óculos aumentou o interesse e despertou o comprometimento, o processo de tomada de decisão, autonomia e até mesmo colaboração dos alunos. Mas foi verificado que também pode prejudicar a aprendizagem, já

que os alunos brincam com o sistema sem apreender as informações necessárias para o exercício. Isso confirma que as informações por visualização devem ser limitadas. Após a aula usando os óculos, foi aplicado uma prova e observou-se que o seu uso permitiu que os alunos extraíssem informações relevantes sobre a complexidade de um sistema em uma maneira muito mais fácil, o que traz um ganho de tempo na compreensão do mecanismo, ou das ações a serem realizadas.

Essa questão também foi confirmada por Harvard apud Scaravetti et al. (2019), que analisou mais estudos utilizando a realidade aumentada e também notou que isso permitiu localizar a tarefa a ser feita mais rapidamente e cometer menos erros, porém ele também afirma que a avaliação das contribuições em um contexto industrial ainda precisa ser verificada.

A competição global leva a uma necessidade constante da indústria melhorar continuamente a sua produção. Assim, de acordo com Danielsson, Holm e Syberfeldt (2020), a realidade aumentada pode fornecer suporte eficaz para operadores de montagem, ajudando-os a visualizar as informações e colocá-las em seu contexto, mas para isso, o processo de atualização, instrução e a criação de novas ferramentas precisa ser simples e intuitiva o suficiente.

Figura 5 – Oportunidades e desafios da realidade aumentada

Fonte: Autores (2021)

Embora estes sistemas estejam atualmente numa fase inicial, no futuro, o uso da tecnologia realidade aumentada no ambiente industrial será muito mais amplo, visto que as empresas já constataram que a sua utilização pode oferecer vantagens significativas na redução da

dependência, bem como na melhoria do controle da qualidade (SANTOS et al. 2018). A Figura 5 ilustra algumas oportunidades e desafios identificados nas leituras.

Dentre os principais benefícios podem-se destacar (SCHWAB, 2019; KOLBERG e ZÜHLKE, 2015; SAGGIOMO et al., 2016; KRITZINGER et al., 2018):

- Criação de novos modelos de negócios, tornando-os mais eficientes e sustentáveis;
- Desenvolvimento de novos modelos de trabalho e a criação de modelos interativos de treinamento operacional, obtendo-se melhores condições nos postos de trabalho, facilitando o acesso as informações e tornado as tarefas operacionais menos monótonas;
- Ensaios e correções do produto em sua versão virtual, contribuindo para um processo de desenvolvimento menos poluente e mais barato;
- Possibilidade de os clientes terem experiências de uso interativas e virtuais.

Os sistemas de realidade aumentada enfrentam alguns desafios para sua expansão principalmente na indústria, tais como (KOHN et al., 2018; KRITZINGER et al., 2018):

- Familiarização dos operadores com a tecnologia;
- Custo de implementação da tecnologia;
- Equipe técnica com conhecimento para desenvolver aplicações personalizadas;
- Garantia da segurança dos dados que há exposição quando os clientes e outros usuários oferecem aos fornecedores de dispositivos de realidade virtual e informações ao registrar o produto.

Ainda, conforme Massod and Egger (2019), se a tecnologia tiver efeitos negativos (por exemplo, devido à ergonomia ruim) sobre os usuários, esta é uma barreira que diminui a probabilidade de implementação. Os mesmos autores avaliaram as barreiras e muitos usuários reclamaram das dores de cabeça com a utilização prolongada dos dispositivos da realidade aumentada.

Por fim, para Cardoso et al. (2020) os maiores desafios de aplicar a realidade aumentada em ambientes industriais são garantir a saúde do usuário e aceitação, o rastreamento de métodos,

integração do hardware, desenvolvimento de complexidade e conseguir projetar qualidade, acuracidade e interação.

4. Conclusão

A realidade aumentada é uma tecnologia da indústria 4.0 que possui potencial para aplicação e explorados seus benefícios nas empresas. Em síntese, essa tecnologia consiste em sobrepor e/ou combinar objetos reais e virtuais em um ambiente real, e também atuar interativamente em 3D e em tempo real, oferecendo aos usuários uma noção de profundidade, distância, posição e tamanho dos objetos.

As pesquisas mostraram um grande potencial de aplicação em diversos setores industriais, pois reduz os riscos para os trabalhadores, aumenta a capacidade nas linhas de produção, e otimiza os recursos e processo de manutenção, além de alterar positivamente os processos.

Apesar dos desafios, principalmente nos setores industriais, a realidade aumentada é uma das tecnologias mais demandadas atualmente, suas aplicações se mostram como um meio eficiente para aprimorar o desempenho nas mais variadas áreas. Portanto, ainda que ela esteja no seu estágio inicial de desenvolvimento, implementar tais recursos significa uma boa estratégia para que as empresas consigam se posicionar melhor no mercado, garantindo além da competitividade, a satisfação dos clientes.

Por ser uma tecnologia nova, o custo da implementação da realidade aumentada ainda é muito alto, fazendo alguns gestores questionarem sua necessidade. A familiarização dos operadores com a tecnologia é uma barreira que precisa ser superada, pois se não houver a adaptação necessário e a tecnologia tiver efeitos negativos sobre os usuários, haverá diminuição na probabilidade de implementação. Além disso, a ergonomia e os aspectos legais de seu uso ainda são desconhecidos, portanto, ainda representam um risco significativo para as empresas que utilizam o dispositivo.

Agradecimentos

As autoras agradecem a bolsa PIBIC/CNPq e ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Têxtil da UFSC campus Blumenau.

REFERÊNCIAS

ARPAIA, P.; BENEDETTO, D. E.; DURACCIO, L. Design, implementation, and metrological characterization of a wearable, integrated AR-BCI hands-free system for health 4.0 monitoring, **Measurement**, Naples, Italy, mar. 2021, Volume 177, 109280.

BOTTANI, E.; VIGNALI, G. Augmented reality technology in the manufacturing industry: A review of the last decade. **IISE Transactions**, v. 51, n. 3, p. 284-310, 2019.

BOTTANI, E.; LONGO, F.; NICOLETTI, L.; PADOVANO, A.; TANCREDI, G.P.C.; TEBALDI, L.; VETRANO, M.; VIGNALI, G. Wearable and interactive mixed reality solutions for fault diagnosis and assistance in manufacturing systems: Implementation and testing in an aseptic bottling line, **Computers in Industry**, Cosenza, Italy. mar. 2021, Volume 128, 103429.

CARDOSO, L. F. de Souza; MARIANO, F. C. M.Q.; ZORZAL, E.R. A survey of industrial augmented reality. **Computers & Industrial Engineering**, v.139, 2020.

CHUNG, K. C.; BURNS, P.B.; KIM, H.M. Clinical Perspective: A Practical Guide to Meta-Analysis. **The Journal of Hand Surgery**. 31A (10): 1671, 2006.

DANIELSSON, O.; HOLM, M.; SYBERFELDT, A. Augmented reality smart glasses in industrial assembly: current status and future challenges. **Journal Of Industrial Information Integration**, [S.L.], v. 20, p. 100175, dez. 2020. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jii.2020.100175.

FIORENTINO, M.; UVA, A.E.; GATTULLO, M.; DEBERNARDIS, S.; MONNO, G. Augmented reality on large screen for interactive maintenance instructions, **Computers in Industry**, Bari, Italy Volume 65, Issue 2, 2014, Pages 270-278.

KOLBERG, D.; ZÜHLKE, D. Lean automation enabled by industry 4.0 technologies. IFAC-**PapersOnLin**e, v. 48, n. 3, p. 1870-1875, 2015.

KRITZINGER, W.; KARNER, M.; TRAAR, G.; HENJES, J.; SIHN, W. Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification. **IFAC-PapersOnLine**, v. 51, n. 11, p. 1016-1022, 2018.

LAMBRECHT, J.; KASTNER, L.; GUHL, J.; KRUGER, J. Towards commissioning, resilience and added value of Augmented Reality in robotics: Overcoming technical obstacles to industrial applicability, **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, Berlin, Germany. V. 71, 2021.

MARINO, E.; BARBIERI, L.; COLACINO, B.; FLERI, A. K.; BRUNO, F. An Augmented Reality inspection tool to support workers in Industry 4.0 environments. **Computers In Industry**. Rende, Italy. V.127, 2019.

MASOOD, T.; EGGER, J. Augmented reality in support of Industry 4.0: Implementation challenges and success factors. **Robotics and Computer - Integrated Manufacturing**, V. 58, Pp. 181-195, 2019.

MESQUITA, V. B.; MOREIRA, F. C. Indústria 4.0: Aplicação de Realidade Aumentada. In: **Simpósio em Excelência em Gestão e Tecnologia (XV SEGeT)**, 2018.

MOURTZIS, D.; ANGELOPOULOS, J.; PANOPOULOS, N. A framework for automatic generation of augmented reality maintenance & repair instructions based on convolutional neural networks. **Procedia CIRP**, 93, 977-982, 2020.

NISHIHARA, A.; OKAMOTO, J. Object recognition in assembly assisted by augmented reality system. In**: 2015 SAI Intelligent Systems Conference** (IntelliSys). IEEE, 2015. p. 400-407.

PILATIA, Francesco; FACCIOB, Maurizio; GAMBERIC, Mauro; REGATTIERIC, Alberto. Learning manual assembly through real-time motion capture for operator training with augmented reality. **Procedia Manufacturing**. Trento, Italy, p. 189-195. abr. 2020.

PLAKASA, G; PONIS, S.T; AGALIANOS, K; ARETOULAKI, E; GAYIALIS, S. P. Augmented Reality in Manufacturing and Logistics: lessons learnt from a real-life industrial application. **Procedia Manufacturing**. Athens, Greece, p. 1629-1635. jun. 2021.

QESHMY, D. E.; MAKDISI, J.; SILVA, E. H. D. R. da; ANGELIS, J. Managing Human Errors: augmented reality systems as a tol in the quality journey. **Procedia Manufacturing**. Curitiba, Brazil and Stockholm, Sweden, p. 24-30. dez. 2018.

REMPEL, Waldemar; BAUER, Benedict, STACHE, Nicolaj, C.; WITTENBERG, Carsten. First steps to control a digitalized factory via Augmented Reality. **IFAC Papers Online**, Heilbronn, Germany. v. 19, n. 52, p. 1-6, dez. 2019.

SAGGIOMO, M.; LOEHRER, M.; KERPEN, D.; LEMM, J.; GLOY, Y. S. Human-and Task-Centered Assistance Systems in Production Processes of the Textile Industry: Determination of Operator-Critical Weaving Machine Components for AR-Prototype Development. In: **2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences** (HICSS). IEEE, 2016. p. 560-568.

SANTOS, B.P.; ALBERTO, A.; LIMA, T.D.F.M. A. A.; CHARRUA-SANTOS, F.M.B. Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 4 (1), 111-124, 2018.

SCARAVETTI, D.; DOROSZEWSKI, D. Augmented Reality experiment in higher education, for complex system appropriation in mechanical design. **Procedia CIRP**, v. 84, p. 197-202, 2019.

SCHUSTER, F.; ENGELMANN, B.; SPONHOLZ, U.; SCHIMITT, J. Human acceptance evaluation of AR-assisted assembly scenarios, **Journal of Manufacturing Systems**, Schweinfurt, Germany. dez. 2020.

SCHWAB, Klaus W. E. **The Global Competitiveness Report**. Genova: World Economic Forum, 2019.

STIEF, P.; DANTAN, J.; ETIENNE, A.; SIADAT, A. A new methodology to analyze the functional and physical architecture of existing products for an assembly-oriented product family identification. **Procedia CIRP**, 70, 47-52, 2018.