



**MONITORAMENTO IMERSIVO: USO DA REALIDADE AUMENTADA PARA VISUALIZAÇÃO
CONTEXTUAL DE SINAIS EM TEMPO REAL DE MÁQUINAS INDUSTRIAIS**

**IMMERSIVE MONITORING: USING AUGMENTED REALITY FOR CONTEXTUAL REAL-TIME
VISUALIZATION OF INDUSTRIAL MACHINE SIGNALS**

André Roberto da Silva^{1, i}
José Sérgio Medeiros Junior^{2, ii}
Rafael Luiz Baldo^{3, iii}

Data de submissão: (29/05/2024) Data de aprovação: (25/06/2024)

RESUMO

A Indústria 4.0 (I4.0) é uma revolução industrial que está transformando a maneira como as empresas produzem bens e serviços. Essa revolução é impulsionada pelo uso de tecnologias habilitadoras, como a Realidade Aumentada (RA). A RA é uma tecnologia que permite a sobreposição de elementos virtuais ao mundo real. Essa tecnologia pode ser utilizada na I4.0 para diversas aplicações, como: monitoramento de processos, treinamento, manutenção, *design* e engenharia. O advento das tecnologias possibilitou a criação de inúmeras aplicações de grande potencial para uso industrial ou educativo. Este projeto teve como objetivo o desenvolvimento de um aplicativo de RA para monitoramento de máquina industrial. A metodologia empregada foi a pesquisa aplicada e quanto ao seu objetivo é classificada como pesquisa exploratória. Para isso, foi utilizada a plataforma microcontrolada conectada a um sensor de corrente não evasivo monitorado em tempo real. O aplicativo de RA foi desenvolvido e validado no Unity3D para identificação do objeto físico e ativação da RA onde seu funcionamento não apresentou anomalias.

Palavras-chave: realidade aumentada; IoT; Indústria 4.0.

ABSTRACT

Industry 4.0 (I4.0) is an industrial revolution that is transforming the way companies produce goods and services. This revolution is driven by the use of enabling technologies such as augmented reality (AR). AR is a technology that allows virtual elements to be superimposed on the real world. This technology can be used in I4.0 for various applications, such as: process monitoring, training, maintenance, design and engineering. The advent of these technologies has made it possible to create countless applications with great potential for industrial or educational use. The aim of this project was to develop an AR application for monitoring industrial machinery. The methodology used was applied research and its

¹ Mestrando em Ciência da Computação e Professor da Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. E-mail: andre.silva@sp.senai.br

² Mestrando em Engenharia da Produção pela Universidade de Araraquara e Professor da Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. E-mail: jose.sjunior@sp.senai.br

³ Cursando Superior em Mecatrônica Industrial na Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. E-mail: rafael.baldo@portalsesisp.org.br



objective is classified as exploratory research. The microcontrolled platform connected to a non-evasive current sensor monitored in real time was used for this purpose. The AR application was developed and validated in Unity3D to identify the physical object and activate the AR, where its operation showed no anomalies.

Keywords: augmented reality; IoT; Industry 4.0.

1 INTRODUÇÃO

Nos anos 1990, a RA começou a ganhar mais atenção com a publicação de pesquisas fundamentais, como a de Azuma em 1997, que destacou as aplicações potenciais da RA em áreas como visualização médica, manutenção de equipamentos complexos e planejamento de trajetos (Azuma, 2001). Este período também viu o desenvolvimento de sistemas de RA que combinavam abordagens ópticas e de vídeo para misturar o virtual com o real, enfrentando desafios como foco de exibição e portabilidade do sistema.

A partir dos anos 2000, a RA continuou a progredir, com um aumento significativo na disponibilidade e acessibilidade da tecnologia. Um levantamento abrangente da história da RA, cobrindo quase 50 anos de pesquisa e desenvolvimento, destaca marcos importantes e tecnologias habilitadoras, como rastreamento, dispositivos de exibição e entrada (Billinghurst *et al.*, 2015). Este período também viu a RA sendo aplicada em diversas áreas, incluindo educação, onde modelos baseados em RA foram desenvolvidos para tornar o aprendizado mais interessante e interativo para os jovens (Raghaw; Paulose; Goswami, 2018).

A RA tem demonstrado um potencial significativo para melhorar a eficiência e a produtividade em diversos processos industriais. Estudos mostram que a RA pode ser aplicada em áreas como manutenção, treinamento, montagem e design de produtos, proporcionando uma interação mais intuitiva e eficiente entre os trabalhadores e os sistemas industriais (Bottani; Vignali, 2019). A capacidade de sobrepor informações digitais ao ambiente real permite que os trabalhadores realizem tarefas complexas com maior precisão e rapidez.

Assim sendo, o objetivo desta pesquisa foi a criação de um aplicativo de realidade aumentada que monitorara o sinal de sensores instalados em uma máquina industrial.

Para Bottani e Vignali (2019), a tecnologia de RA é altamente flexível e pode ser integrada facilmente em diferentes setores industriais. A ampla disponibilidade de dispositivos de hardware, como smartphones e tablets, facilita a adoção da RA em ambientes industriais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A RA tem sido aplicada em diversos setores industriais, incluindo manufatura, automotivo, aeroespacial, construção e muitos outros. Na manufatura, por exemplo, a RA é utilizada para manutenção, treinamento, montagem e *design* de produtos (Bottani; Vignali, 2019). No setor automotivo e aeroespacial, a RA auxilia na visualização de projetos complexos e na realização de tarefas de manutenção e montagem (Regenbrecht; Baratoff; Wilke, 2005). Além disso, a RA tem sido empregada na construção para visitas virtuais a obras, comparação de *status* entre o planejado e real em projetos, e treinamento de equipes



(Rankohi; Waugh, 2013).

De acordo com Gattullo *et al.* (2019), os benefícios da RA na indústria são numerosos. A tecnologia permite a visualização de informações em tempo real, o que pode simplificar o trabalho dos operadores industriais em diversas tarefas, desde o planejamento até a manutenção. A RA também melhora a interação humano-máquina, facilita a digitalização das linhas de produção e pode resultar em economias de tempo e dinheiro (Gallala; Hichri; Plapper, 2019). Além disso, a RA enriquece a experiência do usuário e aumenta a responsividade, tornando os processos industriais mais eficientes e informativos, afirma Sharma *et al.* (2022) em sua pesquisa.

Além disso, a RA pode ser adaptada para atender às necessidades específicas de cada processo industrial, desde o *design* e comissionamento até o controle de qualidade e manutenção (Navab, 2004). O mesmo autor afirma, que a RA industrial pode aprimorar os processos de projeto, comissionamento, fabricação, controle de qualidade, treinamento, monitoramento e manutenção, aumentando a produtividade e a segurança.

Apesar dos avanços, a adoção da RA na indústria ainda enfrenta desafios significativos. Muitos aplicativos de RA permanecem em nível conceitual e não são amplamente utilizados em procedimentos industriais reais (Gattullo *et al.*, 2019). Os autores afirmam, que a falta de conhecimento sobre o contexto industrial e a ausência de diretrizes claras para o desenvolvimento de aplicações de RA são barreiras importantes. No entanto, com o desenvolvimento contínuo de dispositivos portáteis e vestíveis de RA, espera-se que a tecnologia se torne ainda mais difundida e integrada aos processos industriais no futuro (De Pace; Manuri; Sanna, 2018).

3 METODOLOGIA

Para Turrioni e Melo (2012), em relação a sua natureza, esta pesquisa pode ser classificada como pesquisa aplicada, já que seu objetivo é resolver problemas práticos imediatamente por meio de seus resultados. Quanto ao seu objetivo, é classificada como pesquisa exploratória para nos familiarizarmos com o problema e construir hipóteses. É um tipo de pesquisa flexível que considera vários aspectos do fenômeno estudado, e a coleta de dados pode ser feita de várias maneiras, como levantamento bibliográfico, entrevistas e análise de exemplos (Gil, 2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O software escolhido para realizar a realidade aumentada foi o Unity3D, já que apresenta todos os pré-requisitos, além de sua facilidade e interatividade com a realidade aumentada. Outro ponto de destaque é a compatibilidade com o Vuforia Engine, um software capaz de auxiliar na implementação da RA de forma prática.

Assim sendo, para o pleno funcionamento do aplicativo de RA, é necessário receber um pulso de *trigger* (ferramenta de identificação do objeto demarcado), que inicia a realidade aumentada, após acionada, deve começar uma comunicação direta com um *broker* (responsável pelo gerenciamento das informações) para demonstrar por meio da realidade aumentada valores de análise de algum dispositivo.

O *trigger* selecionado para disparar foi o painel de um torno convencional e esta imagem será administrada pelo Vuforia Engine. Este aplicativo basicamente interpreta a



imagem e verifica possíveis pontos para disparar a RA. Possui uma escala de 0 a 5 estrelas, demonstrando se a imagem é muito eficiente e fácil de determinar os pontos de análise, além de ser possível selecionar o arquivo que a imagem irá ser salva para facilitar no momento de junção com o aplicativo de RA.

Após a finalização de configuração do *trigger*, se faz necessário adicionar o Vuforia no Unity3D, para que eles possam se comunicar. Essa configuração é feita através do próprio Unity3D, é necessário apenas ir ao site da Vuforia e baixar uma extensão para o Unity3D, todavia, vale salientar que é necessário salvar a *license key* (chave de licença) para ativá-lo.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresenta a construção de RA aplicada a indústria, com ferramentas de construção gratuitas e com todas as opções para inserir a RA no projeto.

Para isso, realizou-se inicialmente uma revisão bibliográfica abordando conceitos fundamentais como RA, internet das coisas (IoT) e internet industrial das coisas (IIoT), *cloud computing*, *edge computing* e ferramentas de desenvolvimento de RA.

Em seguida, descreveu-se a metodologia aplicada envolvendo a escolha das ferramentas, o desenvolvimento da aplicação de RA no Unity3D com integração ao Vuforia Engine.

Por fim, foram apresentados os resultados obtidos demonstrando o funcionamento completo da solução, desde a ativação da realidade aumentada a partir do meio físico até a exibição visual dos dados do sensor coletados em tempo real, validando assim o atendimento aos objetivos inicialmente propostos.

Este projeto exemplifica bem as potencialidades da indústria 4.0, integrando conceitos de IoT, computação em nuvem, realidade aumentada e comunicação máquina-máquina para prover novos recursos de monitoramento e controle de processos industriais.

REFERÊNCIAS

AZUMA, R. *et al.* Recent advances in augmented reality. **IEEE computer graphics and applications**, v. 21, n. 6, p. 34-47, 2001. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/963459>. Acesso: 04 maio 2024.

BILLINGHURST, M. *et al.* A survey of augmented reality. **Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction**, v. 8, n. 2-3, p. 73-272, 2015. Disponível em: <https://www.nowpublishers.com/article/Details/HCI-049>. Acesso: 04 maio 2024.

BOTTANI, E.; VIGNALI, G. Augmented reality technology in the manufacturing industry: A review of the last decade. **Lise Transactions**, v. 51, n. 3, p. 284-310, 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/24725854.2018.1493244>. Acesso: 05 maio 2024.

DE PACE, F.; MANURI, F.; SANNA, A. Augmented reality in industry 4.0. **Am. J. Comput. Sci. Inf. Technol**, v. 6, n. 1, p. 17, 2018. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/234921763.pdf>. Acesso: 04 maio 2024.



GALLALA, A.; HICHRI, B.; PLAPPER, P. Survey: The evolution of the usage of augmented reality in industry 4.0. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing**, 2019. p. 012017. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/521/1/012017/meta>. Acesso: 03 maio 2024.

GATTULLO, M. *et al.* Informing the use of visual assets in industrial augmented reality. In: **International Conference of the Italian Association of Design Methods and Tools for Industrial Engineering**. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 106-117. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-31154-4_10. Acesso: 03 maio 2024.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 128 p. ISBN 978-85-97-01292-7.

NAVAB, N. Developing killer apps for industrial augmented reality. **IEEE Computer Graphics and applications**, v. 24, n. 3, p. 16-20, 2004. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1297006/>. Acesso: 05 maio 2024.

RAGHAW, M.; PAULOSE, J.; GOSWAMI, B. Augmented reality for history education. **International Journal of Engineering and Technology (UAE)**, v. 7, n. 2.6, p. 121-125, 2018. Disponível em: <https://eprints.qut.edu.au/197794/>. Acesso: 06 maio 2024.

RANKOHI, S.; WAUGH, L. Review and analysis of augmented reality literature for construction industry. **Visualization in Engineering**, v. 1, p. 1-18, 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/2213-7459-1-9>. Acesso: 06 maio 2024.

REGENBRECHT, H.; BARATOFF, G.; WILKE, W. Augmented reality projects in the automotive and aerospace industries. **IEEE computer graphics and applications**, v. 25, n. 6, p. 48-56, 2005. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1528433/>. Acesso: 04 maio 2024.

SHARMA, A. *et al.* Augmented reality—an important aspect of Industry 4.0. **Industrial Robot: the international journal of robotics research and application**, v. 49, n. 3, p. 428-441, 2022. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IR-09-2021-0204/full/html>. Acesso: 06 maio 2024.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. Metodologia de pesquisa em Engenharia de Produção: estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas. **Itajubá: Unifei**, 2012. Disponível em: <https://docplayer.com.br/1584116-Metodologia-de-pesquisa-em-engenharia-de-producao.html>. Acesso: 05 maio 2024.



Sobre os autores:

ⁱ André Roberto da Silva



Mestrando em Ciência da Computação na UFSCar, pós-graduado em Indústria 4.0, pós-graduado em Automação da Manufatura e Graduado em Licenciatura em Ciências Exatas com habilitação em Física. Docente da Faculdade de Tecnologia SENAI Antonio Adolpho Lobbe. CV: <http://lattes.cnpq.br/1738208783371178>. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5969-245X>.

ⁱⁱ José Sérgio Medeiros Junior



Mestrando em Engenharia da Produção pela UNIARA. Pós-Graduação Lato Sensu em Indústria 4.0 pela UNINTER (2020). Licenciado em Eletrônica pela Fatec (2008). Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Estratégica de Empresa pela UNICEP (2006) e Graduado em Engenharia Elétrica com ênfase em Eletrônica pela UNIP (2001). CV: <http://lattes.cnpq.br/5556395715782877>. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6204-0153>.

ⁱⁱⁱ Rafael Luiz Baldo



Cursando Faculdade de Tecnologia em Mecatrônica Industrial pela Faculdade SENAI Antonio A. Lobbe (2021). Possui curso Técnico em Mecatrônica pela Escola SENAI Antonio A. Lobbe (2020). Estagiou na área de Engenharia de Processos da Tecumseh do Brasil por 2 anos. CV: <http://lattes.cnpq.br/8878371212946028>. Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-1429-0362>.