

REALIDADE AUMENTADA INTEGRADA A SENSORES IOT E SISTEMAS SCADA EM PLANTAS DE REFINO DE PETRÓLEO

AUGMENTED REALITY INTEGRATED WITH IOT SENSORS AND SCADA SYSTEMS IN OIL REFINING PLANTS

Ricardo Oliveira Borgomoniⁱ
João Victor Ferreira Brandãoⁱⁱ
Davi Alexandre Silva da Costaⁱⁱⁱ
Raphael Martins Alves^{iv}
Humberto de Sousa Megda^v

RESUMO

A manutenção industrial em refinarias de petróleo enfrenta desafios críticos relacionados à confiabilidade dos equipamentos e à segurança operacional. Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma plataforma de Realidade Aumentada (RA) integrada a sensores IoT e sistemas SCADA, com o objetivo de otimizar a manutenção preditiva e reduzir riscos operacionais. A metodologia inclui modelagem digital de equipamentos, desenvolvimento de aplicação em RA com Unity 3D, integração com protocolos industriais e validação em campo com smart glasses. A revisão de literatura e os estudos de caso indicam que a RA pode transformar práticas de manutenção, oferecendo suporte visual em tempo real, acelerando diagnósticos e aumentando a eficiência. A proposta está alinhada aos princípios da Indústria 4.0 e à gestão inteligente de ativos, representando uma inovação promissora para o setor de petróleo e gás.

Palavras-chave: Realidade Aumentada; IoT; SCADA; Indústria 4.0.

Industrial maintenance in oil refining plants faces critical challenges related to equipment reliability and operational safety. This study proposes the development of an Augmented Reality (AR) platform integrated with IoT sensors and SCADA systems, aiming to optimize predictive maintenance and reduce operational risks. The methodology includes digital modeling of equipment, AR application development using Unity 3D, integration with industrial protocols, and field validation with smart glasses. Literature review and case studies suggest that AR can transform maintenance practices by providing real-time visual support, accelerating diagnostics, and enhancing efficiency. The proposal aligns with Industry 4.0 principles and smart asset management, representing a promising innovation for the oil and gas sector.

Keywords: Augmented Reality; IoT; SCADA; Industry 4.0.

1. INTRODUÇÃO

A manutenção industrial em plantas de refino de petróleo enfrenta desafios críticos relacionados à confiabilidade dos equipamentos e à segurança operacional. Válvulas, bombas e trocadores de calor operam em ambientes hostis, onde falhas podem gerar paradas não programadas, prejuízos financeiros e riscos à integridade dos trabalhadores. Embora sistemas SCADA e sensores IoT tenham ampliado a automação, a detecção de falhas ainda depende fortemente da experiência dos

operadores e de inspeções manuais, o que limita a agilidade na tomada de decisão. Nesse contexto, tecnologias emergentes como a Realidade Aumentada (RA) têm se destacado por sua capacidade de integrar dados operacionais diretamente ao campo de visão dos técnicos, promovendo uma nova abordagem para manutenção preditiva e gestão de ativos. A RA, quando combinada com sensores inteligentes e sistemas SCADA, pode transformar a forma como operadores interagem com os equipamentos, oferecendo suporte visual em tempo real, reduzindo erros e aumentando a eficiência.

1.1. Problema de pesquisa:

Como a integração de Realidade Aumentada com sensores IoT e sistemas SCADA pode melhorar a eficiência, segurança e precisão na manutenção de plantas de refino de petróleo?

1.2. Objetivo(s):

Desenvolver uma plataforma de Realidade Aumentada que integre sensores industriais e sistemas SCADA, permitindo a visualização contextualizada de dados operacionais em campo, com foco na otimização da manutenção e na redução de riscos operacionais.

1.3. Justificativa:

A proposta está alinhada aos princípios da Indústria 4.0, que promovem a digitalização e a integração de tecnologias inteligentes no setor industrial. A aplicação da RA pode acelerar diagnósticos, reduzir o tempo de resposta a falhas e melhorar a ergonomia e a segurança dos operadores. Estudos recentes (Aberdeen Group, 2024; Hellenic Shipping News, 2024) indicam que perdas por paradas não planejadas continuam sendo um dos principais desafios do setor, reforçando a relevância de soluções inovadoras como a proposta neste trabalho.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que combina elementos virtuais com o ambiente físico, permitindo interação em tempo real e registro espacial em 3D (Azuma, 1997). Desde então, seu uso tem se expandido para aplicações industriais, especialmente em manutenção e operação de equipamentos complexos. Henderson e Feiner (2011) demonstraram que a RA pode aumentar a precisão de tarefas técnicas e reduzir riscos operacionais.

No contexto da Indústria 4.0, a RA é vista como uma ferramenta estratégica para a digitalização de processos. Petrović et al. (2019) destacam que sua aplicação em ambientes industriais promove maior confiabilidade e integração entre sistemas. Wang et al. (2016) realizaram uma análise abrangente sobre o uso da RA em montagem e manutenção, evidenciando ganhos em produtividade e segurança.

Empresas do setor de petróleo, como BP e ILBOC, já adotam soluções de RA para suporte remoto e manutenção assistida, com resultados positivos em eficiência e redução de tempo de parada (Park et al., 2019). A norma ISO 55000 (2014) reforça a importância da gestão de ativos baseada em tecnologias digitais, alinhando-se à proposta deste estudo.

Relatórios recentes (Aberdeen Group, 2024; Hellenic Shipping News, 2024) indicam que paradas não planejadas continuam sendo um dos principais fatores de perda financeira em refinarias, o que reforça a necessidade de soluções inovadoras para manutenção preditiva e suporte técnico em campo.

3. METODOLOGIA

Este estudo adota uma abordagem exploratória e aplicada, com foco no desenvolvimento e validação de uma plataforma de Realidade Aumentada para ambientes industriais. As etapas metodológicas incluem:

- Revisão Bibliográfica: levantamento de artigos científicos, normas técnicas e estudos de caso sobre RA industrial, SCADA e sensores IoT.
- Modelagem da Planta: criação de modelos digitais 3D de equipamentos industriais utilizando AutoCAD, Blender e Unity 3D.
- Desenvolvimento da Plataforma: construção de uma aplicação de RA com Unity 3D, utilizando SDKs como Vuforia e ARFoundation para reconhecimento de objetos e sobreposição de dados.
- Integração com Sensores: conexão da plataforma com sensores IoT e sistemas SCADA via protocolos OPC UA e MQTT, permitindo a visualização de dados em tempo real.
- Testes Simulados: uso de gêmeo digital para simular cenários operacionais e validar a funcionalidade da aplicação antes da implementação em campo.
- Validação em Campo: testes com smart glasses em área industrial, com coleta de feedback dos operadores sobre usabilidade, ergonomia e eficiência.
- Ferramentas Utilizadas: Unity 3D, Python, MATLAB, SCADA, Power BI.
- Técnicas de Análise: FMEA (Análise de Modos de Falha e Efeitos), análise de latência, usabilidade (SUS), avaliação ergonômica conforme ISO 9241 e NR-17.

4. RESULTADOS ESPERADOS

Por tratar-se de um projeto em fase inicial, os resultados obtidos são de natureza teórica e exploratória. A revisão de literatura e os estudos de caso analisados indicam que a Realidade Aumentada possui alto potencial para transformar práticas de manutenção industrial, especialmente em ambientes críticos como refinarias de petróleo.

A integração da RA com sensores IoT e sistemas SCADA permite uma visualização contextualizada dos dados operacionais, o que pode acelerar diagnósticos, reduzir o tempo de resposta a falhas e aumentar a segurança dos operadores. As experiências documentadas em empresas como BP e ILBOC reforçam a viabilidade técnica da proposta, demonstrando que soluções semelhantes já estão em uso com resultados positivos.

Embora a aplicação ainda não tenha sido testada em ambiente real, a fundamentação teórica e a modelagem inicial indicam que a proposta é promissora. A próxima etapa será a construção de protótipos funcionais e a realização de testes em campo para validação prática.

5. CONCLUSÕES PRELIMINARES

Este artigo apresentou uma proposta teórica para o uso da Realidade Aumentada no monitoramento e manutenção de plantas de refino de petróleo. A partir da análise de literatura e de casos reais, conclui-se que a RA pode contribuir significativamente para a digitalização das operações industriais, promovendo maior eficiência, segurança e precisão.

A proposta está alinhada aos princípios da Indústria 4.0 e à gestão inteligente de ativos, oferecendo uma alternativa inovadora para o suporte técnico em campo. Como próximos passos, recomenda-se a modelagem da aplicação em ambiente simulado, seguida da validação prática com operadores em planta real.

A continuidade deste projeto poderá confirmar, na prática, os benefícios identificados teoricamente, contribuindo para a evolução tecnológica do setor de petróleo e gás.

REFERÊNCIAS

- ABERDEEN GROUP. Downtime is money: how downtime depresses small business revenue. Aberdeen Strategy & Research, 2024. Disponível em: <https://www.aberdeen.com/blogposts/downtime-is-money/>. Acesso em: 17 set. 2025.
- AZUMA, Ronald T. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, v. 6, n. 4, p. 355–385, 1997. Disponível em: <https://direct.mit.edu/pvar/article/6/4/355/18336/A-Survey-of-Augmented-Reality>. Acesso em: 17 set. 2025.
- HELLENIC SHIPPING NEWS. Oil refinery loss reports. *Hellenic Shipping News Worldwide*, 2024. Disponível em: <https://www.hellenicshippingnews.com/>. Acesso em: 17 set. 2025.
- Henderson, S., & Feiner, S. (2011). Augmented Reality in the Maintenance of Industrial Machinery. *ISMAR Proceedings*.
- ISO. ISO 55000:2014 – Asset management – Overview, principles and terminology. Genebra: International Organization for Standardization, 2014. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/55088.html>. Acesso em: 17 set. 2025.
- PETROVIĆ, V. et al. Applications of augmented reality in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, v. 32, p. 1194–1201, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/12/5592>. Acesso em: 17 set. 2025.
- WANG, X.; ONG, S. K.; NEE, A. Y. C. A comprehensive survey of augmented reality assembly research. *Advances in Manufacturing*, v. 4, p. 1–22, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40436-015-0131-4>. Acesso em: 17 set. 2025.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de expressar nossa gratidão à Faculdade SENAI de Tecnologia de Santos, aos colegas de curso que contribuíram com ideias e sugestões, e ao professor Tiago A.T. de Araújo, por sua orientação, apoio técnico e incentivo contínuo durante o desenvolvimento deste projeto.

SOBRE O(S)AUTOR(ES)

i RICARDO OLIVEIRA BORGOMONI



Possui curso técnico em Informática pela Etec Aristóteles Ferreira (2015). Kursou Programação Java no SENAI Antonio Souza Noschese (2014). Atualmente trabalha na Polotel Telecom Locacao e Desenvolvimento de Sites LTDA como suporte de TI.

ii JOÃO VICTOR FERREIRA BRANDÃO



Possui curso técnico em eletroeletrônica pelo Senai Antonio de Souza Noschese (2023). Kursou Power BI no SENAI Antonio Souza Noschese (2024). Atualmente trabalha na Prefeitura de Santos e no SEPREF de Santos

iii DAVI ALEXANDRE SILVA DA COSTA

Aluno do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do Senai de Santos

iii RAPHAEL MARTINS ALVES

Aluno do Curso Superior de Tecnologia em Automação Industrial do Senai de Santos

v HUMBERTO DE SOUSA MEGDA



Mestre e Graduado em Engenharia, Pós-graduado em Gestão de Energia e Eficiência Energética, Licenciado em Matemática e Técnico em Desenvolvimento de Sistemas e Eletrônica. Atualmente é Professor de Educação Superior na Faculdade SENAI e Engenheiro de Operação e Medição prestador de serviços da Petrobrás.