

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PINDAMONHANGABA

USO DE REALIDADE AUMENTADA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

**IGOR JACOB MOREIRA DE FREITAS SILVA
NEIMAR DE ALMEIDA PACCA**

PINDAMONHANGABA – SP

2025

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE PINDAMONHANGABA

USO DE REALIDADE AUMENTADA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

IGOR JACOB MOREIRA DE FREITAS SILVA

NEIMAR DE ALMEIDA PACCA

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba para graduação no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Luís Filipe de Faria Pereira
Wiltgen Barbosa

PINDAMONHANGABA – SP

2025

S586u Silva, Igor Jacob Moreira de Freitas.
Uso de realidade aumentada em manutenção industrial / Igor
Jacob Moreira de Freitas; Neimar de Almeida Pacca / FATEC
Pindamonhangaba, 2025.
33f.: il.

Orientador: Professor Dr. Luis Filipe de Faria Pereira Wiltgen
Barbosa
Monografia (Graduação) – FATEC – Faculdade de Tecnologia de
Pindamonhangaba. 2025

1. Realidade aumentada. 2. Manutenção industrial. 3. Diagnóstico.
4. Treinamento. I. Silva, Igor Jacob Moreira de Freitas. II. Pacca,
Neimar de Almeida III. Barbosa, Luis Filipe de Faria Pereira Wiltgen. IV.
Título.

CDD 658

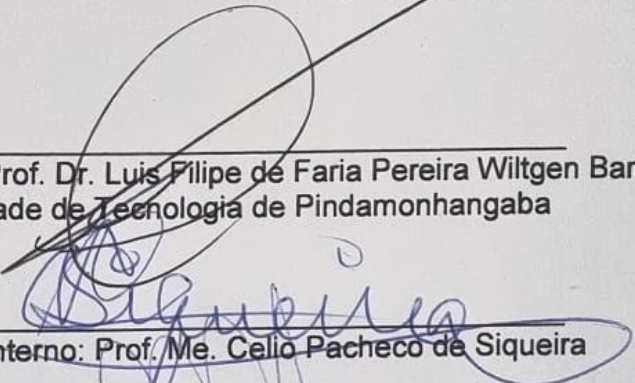
Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

**USO DA REALIDADE AUMENTADA NA MANUTENÇÃO
INDUSTRIAL**

**Igor Jacob Moreira de Freitas Silva
Neimar de Almeida Pacca**

Monografia apresentada à Faculdade de
Tecnologia de Pindamonhangaba para
graduação, no Curso Superior de
Tecnologia em Manutenção Industrial.

Membro Interno: Prof. Dr. Luis Filipe de Faria Pereira Wiltgen Barbosa
Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba



Membro Interno: Prof. Me. Celio Pacheco de Siqueira

Membro Externo: Prof. Me. Luiz Otávio de Oliveira Arouca

Pindamonhangaba, 10 de julho de 2025.

SILVA, I. J. M. F.; PACCA, N.A. **Uso de Realidade Aumentada em Manutenção Industrial**. 2025. 29p. Trabalho de Graduação (Curso de Manutenção Industrial). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2025.

RESUMO

Este estudo investiga o uso da realidade aumentada (RA) na manutenção industrial, com foco nos impactos dessa tecnologia nos processos de diagnóstico e reparo. A questão central do estudo é analisar como a RA pode otimizar esses processos, aumentando a eficiência, a precisão e reduzindo gastos e investimentos operacionais. Para isso, foi adotada a metodologia de revisão sistemática qualitativa, que visa analisar a literatura existente sobre a aplicação da RA nesse setor. A pesquisa abrange estudos publicados nas últimas décadas, buscando evidências de como a RA melhora o desempenho das operações de manutenção, diminuindo erros e acelerando o tempo de reparo e melhorando os índices de manutenção e o desempenho das equipes. Permitindo manter elevada disponibilidade. Entre os resultados obtidos, destaca-se a melhoria na eficiência dos diagnósticos, a precisão dos reparos e a redução de custos com treinamento e manutenção corretiva. O estudo sugere que, apesar dos benefícios, existem desafios na adoção em larga escala da tecnologia, principalmente no que se refere à infraestrutura necessária. Futuras pesquisas podem explorar formas de superar essas barreiras e expandir a aplicação da RA.

Palavras-chave: Realidade aumentada. Manutenção industrial. Diagnóstico. Treinamento.

SILVA, I. J. M. F.; PACCA, N.A. **Uso de Realidade Aumentada em Manutenção Industrial**. 2025. 29p. Trabalho de Graduação (Curso de Manutenção Industrial). Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba. Pindamonhangaba. 2025.

ABSTRACT

This study investigates the use of augmented reality (AR) in industrial maintenance, focusing on the impacts of this technology on diagnostic and repair processes. The central question of the study is to analyze how AR can optimize these processes by increasing efficiency, improving accuracy, and reducing operational expenses and investments. To this end, a qualitative systematic review methodology was adopted, aiming to analyze the existing literature on the application of AR in this sector. The research covers studies published over the past decades, seeking evidence of how AR enhances maintenance operations by reducing errors, accelerating repair times, and improving maintenance metrics and team performance—thereby ensuring high availability. Among the results obtained, the most notable are improvements in diagnostic efficiency, repair accuracy, and cost reductions in training and corrective maintenance. The study suggests that despite the benefits, there are challenges to the large-scale adoption of the technology, especially regarding the required infrastructure. Future research may explore ways to overcome these barriers and expand AR applications.

Keywords: Augmented reality. Industrial maintenance. Diagnosis. Training.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 PROBLEMA	7
1.2 OBJETIVOS	7
1.2.1 Objetivo Geral	7
1.2.2 Objetivos Específicos	7
1.3 JUSTIFICATIVA	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3 METODOLOGIA	16
CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

O que é Realidade Aumentada (RA)?

É uma tecnologia que combina o mundo real com elementos virtuais, ou seja, ela adiciona imagens, sons ou outras informações digitais ao ambiente que você está vendo ao vivo, em tempo real.

O uso da Realidade Aumentada (RA) na manutenção industrial tem ganhado notoriedade como uma solução inovadora frente aos desafios de produtividade, precisão e segurança no ambiente fabril. A RA possibilita a integração de informações digitais com o ambiente físico, proporcionando ao trabalhador uma interface interativa que facilita a execução de tarefas complexas e técnicas com maior eficiência (DOMINGUES, 2021; ESTEVES, 2018).

Dentre as principais contribuições da RA para a manutenção, destaca-se a capacidade de fornecer informações contextuais em tempo real, diretamente no campo de visão do operador. Isso permite diagnósticos mais rápidos, identificação precisa de falhas e execução orientada de reparos, reduzindo a dependência de manuais físicos ou consultas externas (PALMARINI et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2020). A visualização de instruções sobrepostas ao equipamento facilita a tomada de decisão e minimiza erros operacionais, impactando diretamente na redução do tempo de máquina parada e no aumento da produtividade.

Além disso, a RA tem sido cada vez mais aplicada em treinamentos técnicos, oferecendo simulações imersivas e seguras que aceleram o aprendizado e reduzem os custos de capacitação (MAIA, 2019). Outro destaque é o suporte remoto, no qual especialistas podem interagir com técnicos em campo utilizando dispositivos de RA, promovendo diagnósticos colaborativos à distância com alta eficácia (SIMON et al., 2021).

Diante disso, observa-se que a incorporação da Realidade Aumentada na manutenção industrial representa um avanço significativo rumo à Indústria 4.0, contribuindo para a digitalização dos processos, a otimização do uso de recursos e a melhoria da gestão de ativos (ERKOYUNCU et al., 2017; BRAZ. J. OF DEVELOP., 2020).



Figura 1 – Aplicação de Realidade Aumentada para monitoramento térmico e manutenção preditiva. <https://revistadofrio.com.br/como-a-realidade-aumentada-pode-ajudar-o-hvac-r-a-evoluir/> , 21/09/2023.

1.1 PROBLEMA

A presente pesquisa parte da seguinte questão norteadora: De que forma a utilização da Realidade Aumentada (RA) pode otimizar os processos de diagnóstico, reparo e treinamento na manutenção industrial, impactando positivamente a eficiência, a precisão e os custos operacionais?

Considera-se, a priori, que a adoção da RA nesses processos pode promover melhorias significativas no desempenho das atividades de manutenção, ao integrar informações digitais ao ambiente físico de trabalho, facilitando o acesso a dados técnicos em tempo real e reduzindo a ocorrência de erros operacionais (ESTEVEZ, 2018; ERKOYUNCU et al., 2017). Acredita-se, ainda, que a tecnologia contribui para o aprimoramento da capacitação profissional, por meio de simulações práticas e treinamentos imersivos, elevando a qualidade da aprendizagem e diminuindo a necessidade de treinamentos presenciais extensos (MAIA, 2019).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o uso de realidade aumentada (RA) em manutenção industrial, determinando os impactos desta tecnologia na otimização de processos de diagnóstico, reparo, treinamento e gestão de custos.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ◆ Avaliar as principais aplicações de realidade aumentada na manutenção industrial, identificando como ela é utilizada em diferentes etapas do processo de manutenção;
- ◆ Investigar os benefícios e desafios da implementação de realidade aumentada na manutenção industrial, com foco em sua eficácia na redução de erros operacionais e aumento da produtividade;
- ◆ Examinar o impacto da realidade aumentada na capacitação e treinamento de profissionais de manutenção, destacando as vantagens e limitações dessa tecnologia no processo de aprendizagem.
 - Espera-se, portanto, que a implementação da Realidade Aumentada na manutenção industrial proporcione ganhos substanciais em produtividade e segurança, bem como reduções nos custos operacionais, principalmente aqueles relacionados a falhas não detectadas, tempo de inatividade e manutenção preventiva excessiva (PALMARINI et al., 2018).

1.3 JUSTIFICATIVA

O estudo sobre a aplicação da Realidade Aumentada (RA) na manutenção industrial se justifica pela crescente demanda por inovação tecnológica, eficiência operacional e redução de custos no setor industrial. A manutenção de máquinas e equipamentos representa um dos pilares da continuidade produtiva, sendo responsável tanto pela prevenção de falhas quanto pela correção rápida de problemas que comprometem a disponibilidade dos ativos. Nesse cenário, a RA se apresenta como uma solução tecnológica promissora, com potencial para transformar os processos de manutenção ao integrar dados digitais em tempo real ao ambiente físico de trabalho (DOMINGUES, 2021; PALMARINI et al., 2018).

Uma das principais motivações para o estudo da RA é sua capacidade de fornecer suporte contextualizado aos profissionais, permitindo o acesso a instruções técnicas, modelos 3D e dados operacionais diretamente sobre os equipamentos, sem a necessidade de recorrer a manuais impressos ou dispositivos externos. Tal funcionalidade contribui para a redução do tempo de resposta, aumento da precisão nas intervenções e diminuição do tempo de máquina parada (ERKOYUNCU et al., 2017; ESTEVES, 2018). Além disso, a RA viabiliza treinamentos imersivos e interativos, com simulações realistas de procedimentos de manutenção que reduzem os custos com infraestrutura e equipamentos físicos, ao mesmo tempo em que aumentam a efetividade do aprendizado (MAIA, 2019).

Outro fator relevante é o uso da RA em manutenção remota, por meio da qual especialistas conseguem orientar técnicos em campo, superando barreiras geográficas e acelerando o processo de tomada de decisão. Tais avanços posicionam a RA como um componente-chave na transição para a Indústria 4.0, integrando inteligência, conectividade e automação aos processos industriais (BRAZ. J. OF DEVELOP., 2020).

Dessa forma, investigar os impactos da Realidade Aumentada na manutenção industrial torna-se essencial para compreender seu papel estratégico na modernização do setor, avaliando tanto seus benefícios quanto os desafios associados à sua implementação em larga escala.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA



Figura 2 - Contínuo Real-Virtual, conforme proposta de Milgram et al. (Milgram et al., 1994). https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Contínuo-Real-Virtual-conforme-proposta-por-Milgram-et-al-Milgram-et-al_fig1_374124110

O Continuum de Milgram, também chamado de Espectro da Virtualidade, foi proposto por Paul Milgram e Fumio Kishino em 1994. Esse conceito descreve uma linha contínua entre o mundo real e o mundo totalmente virtual, explicando diferentes níveis de integração entre elementos reais e digitais em tecnologias como a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Virtual (RV).

Mundo Real: é o ambiente físico como o conhecemos, sem qualquer interferência digital.

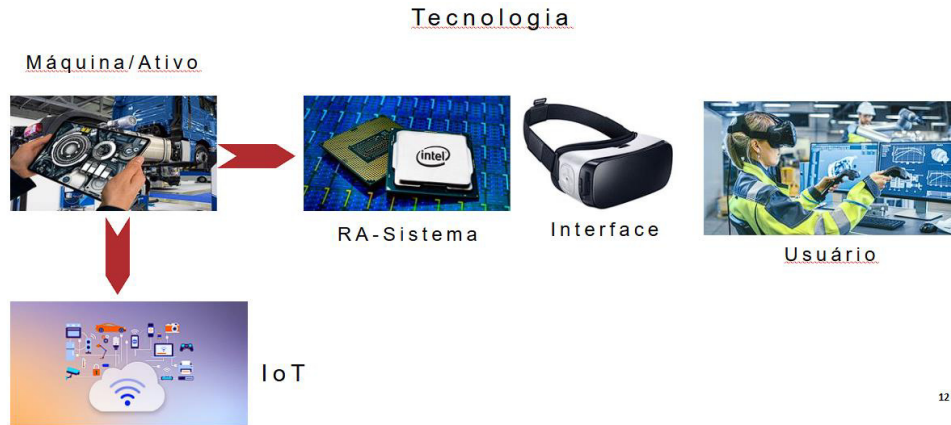
Realidade Virtual (RV): é o outro extremo, onde tudo é gerado digitalmente e o usuário está imerso em um ambiente completamente virtual.

Entre esses dois extremos existe uma zona intermediária chamada de Realidade Mista (RM). Dentro dela temos:

Realidade Aumentada (RA): quando elementos digitais (como textos, imagens ou animações) são adicionados ao mundo real. Um exemplo é um aplicativo que mostra informações sobre um equipamento quando você aponta o celular para ele.

Virtualidade Aumentada (VA): quando elementos reais (como objetos físicos ou vídeos do mundo real) são inseridos em um ambiente predominantemente virtual.

O Continuum de Milgram ajuda a entender como diferentes tecnologias se posicionam entre o real e o virtual. Ele é muito usado para classificar experiências interativas e para orientar o desenvolvimento de soluções tecnológicas em áreas como jogos, treinamentos industriais, medicina, engenharia e educação.



12

Figura 3 – Imagem representa o fluxograma da tecnologia RA.

A imagem representa o fluxo de funcionamento da tecnologia de Realidade Aumentada (RA) integrada à Internet das Coisas (IoT) no ambiente industrial. Esse processo é composto por cinco elementos principais: máquina/ativo, IoT, sistema de RA, interface e usuário.

O primeiro elemento é a Máquina/Ativo, representando os equipamentos físicos que geram dados durante a operação, como temperatura, vibração, pressão, entre outros. Esses dados são captados por sensores instalados nas máquinas.

Em seguida, esses dados são enviados para a IoT (Internet das Coisas). A IoT funciona como uma rede que conecta os sensores à internet, permitindo a transmissão das informações para um sistema de processamento. É por meio dessa conexão que a máquina passa a “comunicar” seu estado em tempo real.

O próximo elemento é o RA-Sistema, responsável por receber e processar os dados vindos da IoT. Esse sistema, baseado em software, interpreta os dados e gera informações úteis para o operador. Essas informações são então integradas em tempo real ao ambiente físico por meio da tecnologia de realidade aumentada.

A Interface é o meio pelo qual o usuário acessa as informações aumentadas. Ela pode ser composta por óculos de realidade aumentada, tablets, smartphones ou visores industriais. A interface projeta os dados processados pelo sistema diretamente no campo de visão do usuário, sobrepondo-os ao ambiente real.

Por fim, o Usuário é quem interage com a tecnologia. Esse profissional, normalmente um técnico ou engenheiro, visualiza e interpreta as informações digitais no contexto real de trabalho, tomando decisões com maior agilidade, precisão e segurança.

Esse fluxo evidencia como a integração entre máquina, IoT, sistemas de RA, dispositivos de interface e o operador humano resulta em um processo mais inteligente e eficiente de monitoramento e manutenção no setor industrial.



Figura 4 – Apresenta as principais etapas envolvidas na implantação da Realidade Aumentada (RA) na indústria.

A primeira etapa é o mapeamento, que consiste na captura do ambiente físico por meio de dispositivos como tablets, câmeras ou sensores. Essa fase tem como objetivo registrar as condições reais do local onde a RA será aplicada, identificando equipamentos, estruturas e fluxos de trabalho.

Em seguida, ocorre a coleta de dados, que envolve a obtenção de informações operacionais das máquinas e processos. Esses dados podem ser provenientes de sensores industriais, sistemas de automação ou de controle, sendo fundamentais para alimentar os sistemas digitais com informações precisas e em tempo real.

Com os dados em mãos, inicia-se a etapa de modelagem, onde são criadas representações digitais do ambiente físico. Por meio de softwares de engenharia e design, constroem-se modelos tridimensionais que irão compor a base para a aplicação da realidade aumentada, permitindo visualizações e simulações avançadas. Na fase seguinte, denominada criando experiência, são desenvolvidas as interações em RA propriamente ditas. Isso inclui a inserção de elementos digitais como instruções visuais, animações, alertas ou informações técnicas que serão visualizadas

pelos operadores no ambiente real. O foco aqui é criar uma experiência funcional, intuitiva e eficiente para o usuário final.

Por fim, chega-se à visualização de uso, que representa a aplicação prática da tecnologia no dia a dia da indústria. Técnicos, operadores e engenheiros utilizam dispositivos como óculos de RA ou tablets para visualizar, em tempo real, dados e orientações integradas ao seu campo de visão, otimizando a tomada de decisões, a execução de tarefas e a manutenção dos ativos industriais.

Esse processo estruturado demonstra como a Realidade Aumentada pode ser incorporada de forma eficiente no setor industrial, contribuindo para a modernização dos processos, o aumento da produtividade e a redução de falhas operacionais.

A aplicação da Realidade Aumentada (RA) na manutenção industrial tem transformado significativamente a forma como os profissionais interagem com máquinas e equipamentos. Ao integrar informações digitais sobre o ambiente físico, a RA proporciona diagnósticos mais rápidos e precisos, além de fornecer instruções visuais e contextuais para execução de reparos. Esse suporte digital otimiza os processos de manutenção, reduz erros, melhora a eficiência e diminui o tempo de inatividade dos ativos, contribuindo para ambientes de trabalho mais ágeis e produtivos (OLIVEIRA et al., 2020; PALMARINI et al., 2018).

No âmbito teórico, a aplicação da RA na manutenção industrial está fundamentada na concepção de suporte técnico em tempo real. Essa abordagem compreende que a apresentação dinâmica de informações diretamente no campo de visão do técnico — como esquemas operacionais, diagnósticos anteriores e instruções passo a passo — oferece um ganho expressivo de desempenho. A informação contextualizada no local da intervenção minimiza a dependência de manuais físicos e reduz o risco de falhas por erro humano (ESTEVES, 2018; SIMON et al., 2021).

A RA também fornece dados operacionais relevantes, como parâmetros de funcionamento, alertas, indicadores de desempenho e históricos de manutenção, tudo de forma sobreposta ao equipamento em análise. Com isso, os técnicos passam a tomar decisões com base em dados atualizados e acessíveis de maneira imediata. Essa visualização integrada de informações não apenas reduz o tempo gasto em pesquisas técnicas, mas também potencializa a precisão dos diagnósticos e a eficácia das ações de manutenção (ERKOYUNCU et al., 2017; DOMINGUES, 2021).

Além do uso em campo, a RA apresenta enorme potencial no treinamento e na capacitação de profissionais. Simulações realistas permitem o aprendizado prático de

procedimentos complexos sem a necessidade de operar diretamente em máquinas reais, aumentando a segurança e reduzindo custos de formação (MAIA, 2019). Tais características reforçam a RA como uma ferramenta estratégica para o avanço da Indústria 4.0, promovendo não apenas inovação tecnológica, mas também uma mudança cultural na forma de gerir e executar a manutenção industrial (BRAZ. J. OF DEVELOP., 2020).

A Realidade Aumentada (RA) proporciona uma análise mais precisa dos problemas, permitindo ao técnico visualizar em tempo real e de forma contextualizada o local exato da falha. Por meio de interfaces interativas e sobreposição de dados digitais ao equipamento físico, a RA permite a identificação rápida de componentes com mau funcionamento ou desempenho comprometido, eliminando a necessidade de múltiplas verificações ou abordagens baseadas em tentativa e erro (PALMARINI et al., 2018; SIMON et al., 2021). Em contraste com os métodos convencionais — sujeitos a falhas de interpretação ou limitações de acesso à informação —, a RA reduz significativamente a margem de erro, o que é fundamental para evitar danos adicionais ao maquinário e minimizar custos operacionais.

O acesso em tempo real a dados técnicos, históricos de manutenção e instruções de reparo impacta positivamente a tomada de decisão durante a execução das tarefas. A RA fornece não apenas dados estáticos, mas também orientações visuais dinâmicas que podem guiar o técnico passo a passo nas ações a serem tomadas, aumentando a assertividade em ambientes industriais complexos (ERKOYUNCU et al., 2017; DOMINGUES, 2021). Isso é especialmente útil quando se trata de equipamentos diversos e procedimentos críticos, onde cada falha pode representar perdas produtivas significativas.

Essa abordagem se alinha à Teoria de Tecnologia da Informação e Suporte em Tempo Real, que sustenta que o fornecimento instantâneo de informações relevantes no ponto de atuação do operador potencializa a eficiência operacional. A RA torna o processo de manutenção mais ágil, seguro e confiável ao permitir uma visualização detalhada dos sistemas, favorecendo decisões embasadas e intervenções mais precisas (ESTEVES, 2018; OLIVEIRA et al., 2020).

Além disso, a RA revoluciona o treinamento de profissionais da manutenção industrial ao permitir simulações imersivas e interativas de cenários reais. Por meio dessa abordagem, técnicos podem vivenciar falhas complexas e praticar a resolução de problemas em ambientes controlados, sem expor equipamentos reais a riscos ou

a necessidade de interrupções de produção. Isso resulta em maior retenção de conhecimento e desenvolvimento de competências técnicas aplicadas (MAIA, 2019; BRAZ. J. OF DEVELOP., 2020).

Um dos aspectos mais relevantes da capacitação por meio da Realidade Aumentada (RA) é a possibilidade de personalização dos treinamentos. Essa tecnologia permite adaptar o conteúdo conforme o nível de experiência do profissional, oferecendo desde tarefas básicas para iniciantes até cenários complexos voltados a técnicos experientes. Tal abordagem personalizada favorece a aprendizagem progressiva, permitindo que cada colaborador avance de acordo com seu próprio ritmo e domínio técnico (MAIA, 2019). Essa flexibilidade amplia a eficácia do treinamento, pois os profissionais têm a oportunidade de desenvolver competências específicas de forma direcionada, com maior envolvimento e motivação.

Além disso, ao proporcionar simulações realistas baseadas em contextos industriais autênticos, a RA promove um aprendizado mais contextualizado, que melhora a retenção do conhecimento e fortalece a confiança do profissional para lidar com situações reais no ambiente de trabalho. Ao integrar a teoria à prática de maneira dinâmica e visual, a RA reduz o tempo necessário para que os técnicos estejam plenamente capacitados, aumentando a produtividade e diminuindo a incidência de erros operacionais (SIMON et al., 2021). Essa capacidade de oferecer treinamentos mais precisos e eficazes representa um avanço significativo na qualificação profissional dentro do cenário da Indústria 4.0.

O uso da Realidade Aumentada (RA) pode reduzir significativamente o tempo necessário para a capacitação de profissionais, tornando o processo mais ágil, acessível e flexível. Por meio de simulações disponíveis a qualquer momento e em qualquer local, os colaboradores não precisam se deslocar até centros de treinamento, nem depender da disponibilidade de equipamentos ou instrutores, o que acelera o ritmo de aprendizagem. Além disso, o caráter virtual do treinamento permite a capacitação simultânea de diversos técnicos, sem sobrecarga de recursos físicos ou humanos. Essa escalabilidade representa uma vantagem significativa, especialmente em ambientes industriais que demandam constante qualificação de grandes equipes (MAIA, 2019; SIMON et al., 2021). Assim, a RA oferece uma solução de treinamento eficaz e de fácil implementação, reduzindo custos logísticos e otimizando o tempo de preparo das equipes.

A Realidade Aumentada também se destaca como uma ferramenta estratégica para elevar a qualidade da manutenção industrial. Ao integrar dados em tempo real

ao ambiente físico, a RA permite diagnósticos mais rápidos e precisos, o que resulta em intervenções mais eficientes, menor tempo de inatividade e redução de falhas humanas (COSTA, 2023). Isso reflete diretamente no aumento da produtividade e da segurança operacional, pois os técnicos são guiados de maneira assertiva, minimizando riscos para os profissionais e para os equipamentos.

A aplicação da RA na capacitação técnica promove benefícios amplos, entre eles a criação de ambientes de aprendizado mais seguros, interativos e adaptáveis. Ao permitir a repetição ilimitada de cenários e fornecer feedback instantâneo, a RA acelera o domínio de habilidades específicas e melhora a fixação do conhecimento (ESTEVES, 2018; CHIES, 2023). Esse modelo de treinamento contribui para preparar os profissionais de forma mais eficaz, atendendo às exigências da Indústria 4.0 e reduzindo os custos operacionais associados à qualificação tradicional.

Além de transformar o processo de aprendizagem, a Realidade Aumentada contribui para a eficiência operacional ao reduzir significativamente o tempo de inatividade das máquinas. Em ambientes industriais, falhas inesperadas geram altos custos e perdas de produção. Com a RA, os técnicos conseguem identificar rapidamente a origem do problema, guiados por instruções visuais detalhadas que facilitam a execução precisa do reparo. Isso reduz o tempo de diagnóstico e intervenção, bem como evita retrabalho e danos secundários aos equipamentos (SIMON et al., 2021). A combinação entre agilidade e assertividade impacta diretamente na diminuição das perdas financeiras decorrentes de paradas não programadas.

Outro fator relevante está relacionado à maior precisão nas intervenções proporcionada pela RA. Ao disponibilizar informações atualizadas, integradas e contextualizadas sobre os componentes e procedimentos, a tecnologia minimiza erros comuns, como a substituição inadequada de peças ou a aplicação incorreta de técnicas de reparo. Isso reduz o consumo desnecessário de materiais e evita falhas recorrentes, aumentando a confiabilidade dos processos e diminuindo os custos com manutenção corretiva (PALMARINI et al., 2018; DUIM, 2023). Dessa forma, a RA viabiliza um ciclo de manutenção mais inteligente e sustentável, baseado na prevenção e no uso racional de recursos.

Além disso, a RA contribui diretamente para o aumento da produtividade ao eliminar etapas ineficientes, como a consulta a manuais físicos ou a necessidade de deslocamento de especialistas. A possibilidade de assistência remota em tempo real permite que profissionais experientes orientem técnicos em campo de forma imediata,

acelerando a resolução de problemas e melhorando a qualidade das intervenções (CHIES, 2023; COSTA, 2023). Ao promover a colaboração digital e o uso estratégico das competências técnicas, a RA fortalece a integração entre equipes, reduz o tempo de parada e eleva a performance industrial como um todo.

Portanto, a implementação da Realidade Aumentada na manutenção industrial representa uma estratégia eficaz para a redução de custos operacionais e o aumento da eficiência global. Ao combinar precisão técnica, agilidade nas intervenções e aprimoramento contínuo dos profissionais, a RA transforma a manutenção em um pilar essencial da competitividade e da sustentabilidade dos processos produtivos (SIMON et al., 2021).

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo é a revisão sistemática de natureza qualitativa, que visa oferecer uma análise crítica e abrangente da literatura especializada sobre a aplicação da Realidade Aumentada (RA) na manutenção industrial. Essa abordagem possibilita uma compreensão profunda das tendências, desafios e impactos da implementação da RA, focando nas evidências qualitativas extraídas de estudos científicos e técnicos previamente publicados. A revisão sistemática é reconhecida por sua robustez metodológica, pois estrutura a coleta e análise dos dados de forma a minimizar vieses e garantir maior confiabilidade nos resultados (MAIA, 2019; PALMARINI et al., 2018).

Para a condução da revisão sistemática, foram definidos termos-chave que orientaram a busca nos principais bancos de dados acadêmicos, incluindo "realidade aumentada", "manutenção industrial", "tecnologia da informação", "capacitação e treinamento", "eficiência operacional" e "redução de custos na manutenção". Estes termos foram escolhidos para garantir o levantamento de publicações que abordem as múltiplas dimensões da RA, contemplando seus impactos tanto nos processos técnicos de manutenção quanto na capacitação de profissionais e na otimização dos custos operacionais (ESTEVES, 2018; DUIM, 2023).

A pesquisa bibliográfica foi realizada em bases de dados amplamente reconhecidas pela comunidade científica, como Scopus, IEEE Xplore, Web of Science e Google Scholar, que oferecem acesso a artigos revisados por pares, dissertações e conferências de alto impacto. A utilização dessas fontes assegura a qualidade e credibilidade das informações, proporcionando uma visão detalhada sobre a aplicação da RA em diferentes contextos industriais e evidenciando dados empíricos para fundamentar a análise .

Os critérios de inclusão estabeleceram que somente estudos publicados em periódicos científicos e eventos com revisão por pares, nos últimos dez anos, seriam considerados, garantindo a atualidade e relevância das informações. Foram priorizados trabalhos que investigassem diretamente a aplicação da RA na manutenção industrial, bem como temas correlatos como treinamentos técnicos e otimização de processos produtivos. A seleção incluiu publicações em inglês, português e espanhol, ampliando a abrangência e diversidade da análise (MAIA, 2019; PALMARINI et al., 2018).

Por outro lado, os critérios de exclusão descartaram estudos cujo foco principal estivesse em aplicações da RA não relacionadas à manutenção industrial, tais como entretenimento ou educação geral. Também foram excluídos trabalhos que carecessem de resultados empíricos ou análises práticas sobre os efeitos da tecnologia, bem como estudos com baixa qualidade metodológica, que comprometessem a confiabilidade da revisão (AZZOLINI, 2023; DUIM, 2023).

Essa metodologia é adequada aos objetivos da pesquisa, pois a revisão sistemática qualitativa possibilita a identificação de padrões, desafios, benefícios e limitações na utilização da RA em ambientes industriais. Além de extrair dados quantitativos, a abordagem valoriza insights qualitativos que ampliam a compreensão sobre a eficácia da tecnologia e os fatores determinantes para seu sucesso ou insucesso na manutenção industrial (ESTEVES, 2018).

Dessa forma, a metodologia adotada garante uma análise fundamentada e abrangente da literatura existente, essencial para apoiar as discussões do estudo e identificar lacunas para futuras pesquisas na área de Realidade Aumentada aplicada à manutenção industrial.

A Realidade Aumentada (RA) tem se consolidado como uma tecnologia inovadora e transformadora no campo da manutenção industrial, com aplicações que abrangem desde o diagnóstico e reparo até a capacitação de profissionais, contribuindo para a otimização dos processos e a melhoria dos resultados operacionais (CHAVES, 2023; ESTEVES, 2018).

Na etapa de diagnóstico, a RA facilita a visualização de informações em tempo real ao sobrepor dados digitais diretamente no ambiente físico, permitindo que os técnicos monitorem parâmetros essenciais, como temperatura, pressão, vibração e histórico de falhas, diretamente no campo de visão. Esse recurso diminui a dependência de manuais físicos e sistemas externos, acelerando o processo de identificação de problemas e reduzindo a ocorrência de diagnósticos imprecisos (CHIES, 2023; PALMARINI et al., 2018). Como resultado, as intervenções tornam-se mais assertivas, minimizando os riscos de falhas não detectadas e otimizando o tempo de resposta das equipes de manutenção.

Durante a fase de reparo, a RA se destaca ao oferecer instruções visuais detalhadas e interativas, projetadas diretamente sobre os componentes dos equipamentos por meio de dispositivos como óculos inteligentes ou tablets. Essa tecnologia orienta os técnicos em passos específicos, como desmontagem, substituição de peças e testes funcionais, o que reduz erros operacionais e aumenta a precisão das intervenções, principalmente em equipamentos complexos ou de difícil acesso (COSTA, 2023). Além disso, a RA pode evidenciar visualmente componentes críticos, sinalizando com alertas aqueles que apresentam desempenho degradado ou necessitam de atenção prioritária. Essa assistência contribui para a redução do tempo de inatividade dos equipamentos, promovendo maior eficiência e eficácia das equipes de manutenção.

Na área de treinamento, a Realidade Aumentada revoluciona a capacitação técnica ao proporcionar simulações imersivas e interativas que reproduzem cenários reais de operação e falhas, possibilitando que os profissionais pratiquem intervenções em ambiente virtual seguro (DELESPOSTE, 2023; MAIA, 2019). Essa metodologia reduz significativamente os custos e riscos associados ao treinamento tradicional, como danos a equipamentos reais e necessidade de interrupção da produção. Ademais, a possibilidade de repetir os exercícios de forma ilimitada favorece a

consolidação do aprendizado, preparando os técnicos para enfrentar desafios complexos com maior segurança e competência. Dessa maneira, a RA contribui para a formação de profissionais mais preparados, aumentando a qualidade e a segurança das operações industriais.

Esses resultados corroboram estudos recentes que apontam a RA como uma ferramenta estratégica para a manutenção industrial, capaz de integrar tecnologia e conhecimento prático para otimizar processos, reduzir custos e melhorar a produtividade e segurança no ambiente fabril .



Figura 5 - PLAIN CONCEPTS. *Augmented reality solutions for business and industry.* Disponível em: <https://www.plainconcepts.com/augmented-reality-solutions-business-industry>. Acesso em: 22 jul. 2025.

A manutenção preventiva também se beneficia significativamente da Realidade Aumentada (RA). A integração de sensores e sistemas inteligentes com dispositivos de RA possibilita o monitoramento contínuo e em tempo real do estado dos equipamentos, permitindo a identificação precoce de desgastes ou alterações nos padrões operacionais (DUIM, 2023). Por meio das informações visuais fornecidas diretamente no ambiente de trabalho, os técnicos podem realizar intervenções preventivas de maneira oportuna, reduzindo a necessidade de manutenções

emergenciais, que geralmente são mais custosas e disruptivas, além de contribuir para a ampliação da vida útil dos ativos industriais.

Assim, a Realidade Aumentada exerce um papel transformador em todas as fases da manutenção industrial — diagnóstico, reparo, treinamento e prevenção. Sua capacidade de sobrepor informações digitais ao ambiente físico, de fornecer orientações interativas e de facilitar o monitoramento contínuo dos equipamentos resulta em ganhos expressivos na eficiência operacional, redução de falhas e erros, diminuição de custos e melhoria das condições de segurança no ambiente industrial (FERNANDEZ, 2023). Essas características tornam a RA uma tecnologia essencial para a modernização e otimização da gestão da manutenção industrial.



Figura 6 - Pioneirismo: Celesc realiza treinamento de eletricitistas com uso de realidade virtual, www.celesc.com.br/listagem-noticias/estudio-de-treinamento-para-eletricitistas-com-uso-de-realidade-virtual-e-iniciativa-pioneira-da-celesc



Figura 7 - Pioneirismo: Celesc realiza treinamento de eletricitistas com uso de realidade virtual, www.celesc.com.br/listagem-noticias/estudio-de-treinamento-para-eletricitistas-com-uso-de-realidade-virtual-e-iniciativa-pioneira-da-celesc

A implementação da RA na manutenção industrial revela-se uma inovação promissora, com benefícios claros na redução de erros operacionais e no aumento da produtividade . Ao fornecer informações digitais contextuais em tempo real, a tecnologia aprimora significativamente a precisão dos diagnósticos, reparos e treinamentos, embora seja importante considerar os desafios inerentes à adoção de tecnologias emergentes.

Entre os principais benefícios da RA destaca-se a diminuição dos erros operacionais. Ao disponibilizar orientações passo a passo e dados atualizados sobre o equipamento diretamente no campo de visão do técnico, a RA minimiza falhas decorrentes de interpretações equivocadas ou da omissão de etapas importantes . Esse suporte é fundamental em contextos de alta complexidade técnica, onde pequenos erros podem acarretar danos graves ou falhas catastróficas.

Além disso, a RA contribui para o aumento da produtividade, eliminando a necessidade de consultar múltiplas fontes, como manuais impressos ou sistemas externos. Isso agiliza as operações, reduz o tempo de diagnóstico e reparo, e conseqüentemente o tempo de inatividade das máquinas — um dos maiores custos

industriais . A melhoria da eficiência operacional possibilita também a redução de falhas repetitivas, permitindo que os técnicos dediquem mais tempo a tarefas estratégicas e de maior valor agregado.

Outro aspecto relevante é a facilidade no treinamento proporcionada pela RA. A tecnologia permite a realização de simulações imersivas em cenários virtuais realistas, reduzindo os custos e riscos associados ao treinamento tradicional com equipamentos físicos. Os técnicos podem praticar diversas vezes até atingir a proficiência necessária, o que aumenta sua preparação e reduz o risco de acidentes em campo .

A implementação da Realidade Aumentada (RA) enfrenta, contudo, desafios que não podem ser negligenciados. Entre os principais obstáculos está o elevado custo inicial para implantação, que inclui a aquisição de dispositivos tecnológicos, como óculos de RA e softwares especializados. Esses custos podem representar uma barreira significativa, sobretudo para pequenas e médias empresas. Além disso, a integração da RA aos sistemas de manutenção já existentes e a adaptação dos profissionais ao uso da nova tecnologia demandam investimentos adicionais em treinamento e suporte (SANTOS, 2023). Embora os benefícios da RA sejam claros na redução de erros e aumento da eficiência, sua eficácia depende diretamente da aceitação e da habilidade dos operadores em utilizar a ferramenta adequadamente.

Outro desafio refere-se à confiabilidade das tecnologias de RA em ambientes industriais. A qualidade da comunicação entre os dispositivos de RA e os sistemas de manutenção, bem como a precisão das informações fornecidas, são fundamentais para o sucesso da implementação. Condições ambientais adversas, como poeira, umidade e iluminação inadequada, podem comprometer o desempenho da tecnologia, afetando sua funcionalidade e impactando a segurança das operações.

Apesar desses desafios, a Realidade Aumentada oferece benefícios substanciais para a manutenção industrial, especialmente na redução de erros operacionais e no aumento da produtividade. Contudo, sua implementação requer atenção especial aos custos iniciais, à integração tecnológica e à capacitação dos profissionais envolvidos . Superadas essas barreiras, a RA possui um potencial transformador, capaz de revolucionar a gestão da manutenção, promovendo melhorias contínuas nas operações e redução de custos a longo prazo.

No âmbito da capacitação e treinamento de profissionais de manutenção, a RA se consolida como uma ferramenta inovadora. Sua aplicação permite a criação de ambientes de aprendizado interativos e imersivos, que simulam cenários reais de operação, proporcionando vantagens significativas no processo formativo (FERNANDEZ, 2023). Contudo, como toda tecnologia emergente, a RA apresenta limitações que devem ser cuidadosamente avaliadas para assegurar sua eficácia no contexto industrial.

Entre os benefícios mais destacados da RA no treinamento de manutenção está a possibilidade de simular cenários realistas de falhas e reparos sem os custos e riscos associados ao uso de equipamentos físicos. Isso possibilita que os técnicos pratiquem em um ambiente seguro e controlado, especialmente relevante em indústrias de alto risco, onde erros operacionais podem acarretar acidentes graves ou danos a máquinas. O ambiente virtual proporcionado pela RA permite que os profissionais enfrentem diferentes situações e tomem decisões sem comprometer a operação real (DUIM, 2023). Essa simulação interativa é também repetível, permitindo que os técnicos pratiquem as tarefas diversas vezes até atingir o domínio necessário, o que facilita a fixação do conhecimento e fortalece a confiança do profissional.

Outro aspecto importante é o feedback imediato fornecido pela RA durante o processo de aprendizagem. Ao integrar informações sobre ações corretas e incorretas, a tecnologia permite que os técnicos corrijam seus erros em tempo real, acelerando o processo de capacitação e elevando a qualidade do treinamento .

Esse retorno instantâneo evita a consolidação de práticas inadequadas, contribuindo para um aprendizado mais eficaz e seguro. A Realidade Aumentada (RA) possibilita um aprendizado autodirigido, o que é especialmente vantajoso em ambientes de treinamento flexíveis. Os profissionais podem acessar simulações a qualquer momento e local, tornando o processo de capacitação menos dependente da disponibilidade de instrutores ou de instalações físicas específicas (ANDRADE, 2023). Essa flexibilidade contribui para a redução dos custos logísticos e permite o treinamento simultâneo de um maior número de colaboradores, sem sobrecarregar os recursos disponíveis.

Apesar dos benefícios evidentes, a implementação da RA no treinamento de manutenção apresenta algumas limitações importantes. Um dos maiores desafios

está relacionado ao elevado custo inicial, que envolve a aquisição de dispositivos específicos, como óculos e fones de RA, além do desenvolvimento de conteúdos personalizados para o treinamento (AZZOLINI, 2023; BROMBERGER, 2024). Embora esses investimentos possam ser compensados ao longo do tempo pela redução de falhas e incremento na produtividade, o custo inicial ainda pode representar um entrave, especialmente para empresas de menor porte.

A adaptação dos profissionais à nova tecnologia pode demandar um esforço adicional. Nem todos os técnicos possuem familiaridade com dispositivos digitais avançados, o que pode requerer treinamentos prévios para garantir o uso eficaz da RA (CHAVES, 2023). A curva de aprendizado pode influenciar tanto a aceitação da tecnologia quanto a efetividade do treinamento, especialmente em ambientes industriais onde a rotina é intensa e o tempo para capacitação é limitado.

Outro aspecto a ser considerado são as limitações inerentes aos cenários simulados. Embora a RA seja eficiente na criação de ambientes controlados e na simulação de falhas simples ou moderadas, pode apresentar dificuldades para reproduzir situações altamente complexas ou imprevistas que ocorrem na prática (CHIES, 2023; COSTA, 2023). A manutenção industrial frequentemente requer soluções criativas e tomadas de decisão rápidas, elementos que podem ser limitados pelas capacidades tecnológicas das simulações atuais.

Em suma, a Realidade Aumentada representa uma inovação significativa na capacitação de profissionais de manutenção, oferecendo ambientes de aprendizagem interativos, seguros, repetitivos, com feedback imediato e grande flexibilidade (DELESPOSTE, 2023). Contudo, os custos iniciais, a adaptação dos técnicos e as limitações das simulações configuram desafios relevantes a serem enfrentados na adoção da tecnologia. Superados esses obstáculos, a RA tem o potencial de transformar o treinamento, promovendo uma aprendizagem mais eficiente e alinhada às demandas da indústria contemporânea.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo sobre o uso de realidade aumentada (RA) na manutenção industrial tem se destacado devido ao potencial dessa tecnologia em transformar os processos de

reparo e manutenção em ambientes industriais. A RA permite a sobreposição de informações digitais no mundo real, proporcionando uma interação mais intuitiva e eficiente entre o trabalhador e o ambiente de trabalho. Em áreas como a manutenção de máquinas e equipamentos, a RA oferece benefícios significativos, como a redução de erros, aumento da produtividade e melhoria da segurança.

Uma das principais vantagens é a entrega de informações em tempo real sobre os sistemas e componentes das máquinas diretamente no campo de visão do técnico. Isto facilita diagnósticos rápidos, identificação de falhas e reparos sem a necessidade de consultar manuais externos. Além disto, a RA é útil no treinamento de profissionais, criando simulações realistas e reduzindo custos com treinamentos presenciais. A tecnologia também possibilita suporte remoto, permitindo que especialistas orientem técnicos em campo, aumentando a flexibilidade das operações. Ou seja, a RA na manutenção industrial representa uma inovação promissora, capaz de otimizar processos, reduzir custos e melhorar a eficiência na gestão de ativos industriais, com perspectivas de contínuos avanços no setor.

No entanto, é importante ressaltar que a aplicação da realidade aumentada ainda enfrenta limitações em determinados setores industriais. Ambientes considerados hostis, como locais com alta temperatura, umidade excessiva, presença de poeiras condutivas ou atmosfera explosiva, impõem riscos à integridade dos equipamentos utilizados na RA, como óculos inteligentes, sensores e dispositivos móveis. Essas condições adversas podem comprometer o funcionamento ou até danificar permanentemente a tecnologia, tornando inviável sua utilização em áreas classificadas como insalubres. Além disso, a fragilidade e o alto custo de reposição dos equipamentos de RA ainda são fatores que restringem sua adoção em larga escala nesses ambientes extremos.

Perante tudo isso, indaga-se mais uma vez: De que maneira a utilização de realidade aumentada pode otimizar os processos de diagnóstico, reparo e treinamento na manutenção industrial, impactando a eficiência, a precisão e os custos operacionais?

A aplicação de realidade aumentada (RA) na manutenção industrial vem revolucionando processos críticos, como diagnóstico, reparo e treinamento, trazendo benefícios significativos em termos de eficiência, precisão e redução de custos operacionais. Ao integrar informações digitais diretamente no ambiente real, a RA oferece uma interface mais intuitiva e interativa, permitindo que os profissionais

acessem dados em tempo real enquanto realizam suas atividades. Isto não só facilita a tomada de decisões, como também reduz erros comuns em processos manuais ou baseados em inspeções tradicionais. A RA elimina a necessidade de consultar manuais ou sistemas externos, agilizando o diagnóstico de falhas e a execução de reparos, com maior assertividade. No treinamento, a tecnologia possibilita simulações realistas, acelerando o aprendizado sem os custos e riscos associados ao uso de equipamentos reais. Assim, a RA representa uma solução eficaz para otimizar o desempenho nas operações de manutenção e reduzir custos operacionais.

No diagnóstico de falhas, a RA permite que o técnico visualize, em tempo real, dados dos sistemas e componentes diretamente no campo de visão, sem depender de manuais ou sistemas externos. Isto facilita a identificação rápida e precisa de problemas, permitindo uma intervenção mais ágil e assertiva. Ao exibir visualmente as falhas, como componentes danificados, a RA elimina a necessidade de múltiplas verificações, reduzindo erros humanos típicos em métodos tradicionais. Durante o reparo, a RA fornece instruções passo a passo, visíveis diretamente sobre o equipamento, aumentando a precisão nas intervenções e evitando erros ou trocas inadequadas de peças. Com isso, o tempo de inatividade das máquinas é reduzido, o que é essencial para manter a produtividade industrial.

No treinamento, a RA possibilita simulações imersivas de falhas e reparos, permitindo que os profissionais pratiquem cenários reais de forma segura, sem os riscos ou custos de usar equipamentos reais. As simulações repetitivas aceleram o aprendizado, e a possibilidade de treinamentos à distância permite a capacitação de mais técnicos ao mesmo tempo, sem custos de deslocamento. Quanto aos custos operacionais, a RA contribui para sua redução ao otimizar o tempo de diagnóstico, reparo e treinamento. A precisão nos reparos diminui a necessidade de manutenção corretiva e redução de peças, enquanto a melhoria da produtividade impacta diretamente na competitividade da empresa.

Nessas condições, a RA na manutenção industrial oferece uma série de benefícios que incluem melhorias na precisão e eficiência dos processos de diagnóstico e reparo, bem como no treinamento de técnicos. Estas inovações não só reduzem custos operacionais, mas também potencializam a produtividade e a segurança nas operações industriais, tornando-se uma ferramenta indispensável para o futuro da indústria. Contudo, o sucesso da sua implementação depende da avaliação criteriosa das condições ambientais de cada setor, de modo a garantir a viabilidade técnica e a durabilidade dos dispositivos de realidade aumentada utilizados.

Aponte a câmera do seu
celular

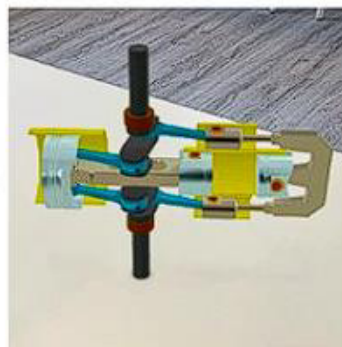


Figura 8 - Site QR CODE 3D de Realidade aumentada

<https://ar-code.com/>

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. S. Impactos da realidade aumentada na capacitação técnica industrial. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2023.
- AZZOLINI, CHIES. M. Eficácia da realidade aumentada em manutenção industrial. Anais do Congresso Brasileiro de Automação Industrial, 2023. p. 134-141.
- BROMBERGER, F. L. Realidade aumentada aplicada à indústria 4.0: desafios e oportunidades. Revista Automação e Tecnologia, v. 15, n. 1, p. 67-80, 2024.
- CHAVES, R. A. Tecnologias emergentes na manutenção industrial. Rio de Janeiro: Editora Técnica, 2023.
- DELESPOSTE, B. R. Capacitação técnica e realidade aumentada: novas perspectivas. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade Estadual de Campinas, 2023.
- DUIM, J. L. Aplicações da realidade aumentada na manutenção preventiva. Revista Técnica Industrial, v. 17, n. 3, p. 78-85, 2023.
- FERNANDEZ, A. P. Benefícios e desafios da realidade aumentada na indústria. São Paulo: Editora Universitária, 2023.
- SANTOS, COSTA. R. Aplicação da realidade aumentada na indústria: uma revisão crítica. Revista Científica de Tecnologia, v. 18, n. 2, p. 45-58, 2023.
- EVERSBERG, L.; Digital Work Instructions with Augmented Reality versus Paper-based Documents... – 2023.
- NAGY, A. et al. User Experience Evaluation of AR Assisted Industrial Maintenance... – 2024.
- MERINO, L. et al. Evaluating Mixed and Augmented Reality: A Systematic Literature Review (2009-2019) – 2020.
- DOMINGUES, 2021; PALMARINI, R.; ERKOYUNCU, J. A.; ROY, R.; TORABMUSTAEDI, H. A systematic review of augmented reality applications in

maintenance. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 49, p. 215–228, 2018.

ESTEVEZ; PALMARINI, R.; ERKOYUNCU, J. A.; ROY, R. An innovative process to select augmented reality (AR) technology for maintenance. *Procedia CIRP*, v. 59, p. 23–28, 2017.

MAIA. Inovações educacionais com o uso da Realidade Aumentada: uma revisão sistemática. 2019. Universidade Federal de Minas Gerais – SciELO.

Braz. J. of Develop. 2020. The use of augmented reality in medical-surgical education. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 6, p. 35497-35511, 2020.