



FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA

REALIDADE AUMENTADA APLICADA NA MANUTENÇÃO

AUGMENTED REALITY APPLIED TO MAINTENANCE

Evandro Campara^{1, i}
Thiago Tadeu Amici^{2, ii}
José Roberto dos Santos^{3, iii}
Cláudio Luís Magalhães Fernandes^{4, iv}

RESUMO

A Indústria 4.0 é a revolução da transformação digital. Máquinas, pessoas, produtos, modelos de negócios, ambientes, cidades e muito mais, tudo interconectado e mapeado em plataformas digitais de maneira contínua. Pautado da mais alta inteligência, ela busca um modelo disruptivo de negócio que impacta mudanças mentais e quebras de paradigmas. A Indústria 4.0 é apresentada neste documento através de uma tecnologia digital que interfaceia e conecta os humanos às máquinas, de forma segura e amigável. Conhecida como Realidade Aumentada (RA), ela leva o indivíduo à uma percepção de uma situação real através de informações armazenadas em bancos de dados que foram coletadas por sensores e equipamentos. A RA vem ganhando espaço nas aplicações industriais e possui um papel importantíssimo na área de manutenção, porém não se restringe à esta aplicação. Além das indústrias, a RA tem ganhado espaço em aplicações na área de serviços e entretenimento. Este artigo tem como objetivo apresentar uma das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 conhecida como Realidade Aumentada (RA) com aplicação na manutenção e demonstrar suas vantagens, soluções e benefícios através de *cases* de aplicação.

ABSTRACT

Industry 4.0 is the digital transformation revolution. Machines, people, products, business models, environments, cities and more, all interconnected and mapped on digital platforms continuously. Guided by the highest intelligence, it seeks a disruptive business model that impacts mental changes and paradigm breaks. Industry 4.0 is presented in this document through a digital technology that interfaces and connects humans to machines, in a safe and friendly way. Known as Augmented Reality (AR), it leads the individual to a perception of the

¹Pós-graduando em Indústria 4.0 na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: evandrocampa@gmail.com

² Professor Me em Automação e Controle de Processos da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: thiago.amici@sp.senai.br

³ Especialista em Segurança da Informação da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: joseroberto@sp.senai.br

⁴ Mestre em Engenharia Mecânica e coordenador da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica. E-mail: claudio.fernandes@sp.senai.br

real situation through information stored in databases that were collected by sensors and equipment. AR has been gaining ground in industrial applications and has a very important role in the maintenance area, but it is not restricted to this application. In addition to industries, AR has gained ground in applications in the area of services and entertainment. This article aims to present one of the enabling technologies of Industry 4.0 known as Augmented Reality (AR) with application in maintenance and demonstrate its advantages, solutions and benefits through application cases.

1 INTRODUÇÃO

Muito se sabe que as revoluções industriais tiveram um papel fundamental no crescimento mundial, porém elas não podem ser explicadas somente pelas invenções ou descobertas de novas máquinas, fontes de energia, materiais ou métodos, por exemplo. No entanto, de acordo com Dathein (2003), estes são fatores fundamentais no desenvolvimento da economia nos últimos dois séculos e meio.

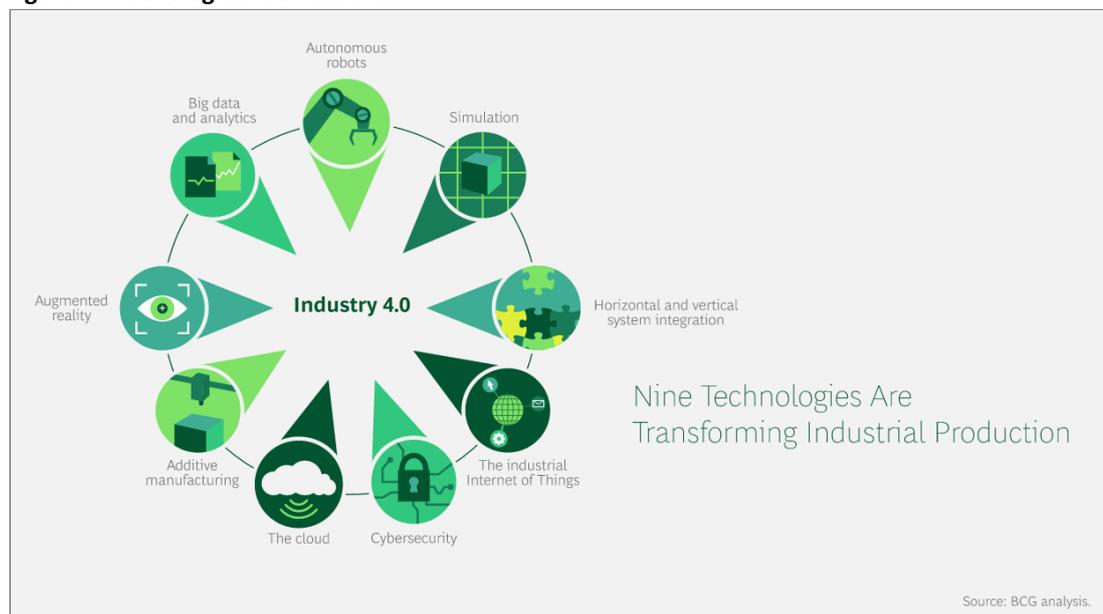
Propulsionada na Europa, durante o século XVIII, aproximadamente entre 1760 e 1840, com a invenção da máquina a vapor e a construção de ferrovias, a Primeira Revolução Industrial, segundo Schwab (2019), foi a era da mecanização.

Já a Segunda Revolução Industrial ocorreu entre os séculos XIX e XX, sendo encerrada durante a Segunda Guerra Mundial e marcou a era da eletricidade extrapolando os limites geográficos da industrialização e da produção em massa.

Com a Terceira Revolução Industrial, iniciada no século XX, após o término da Segunda Guerra Mundial (meados de 1960), o mundo passou a vivenciar uma revolução não somente na indústria (processos produtivos), mas também no avanço científico. Pode-se destacar que foi a era da robotização, computação e automação, impulsionada pelo desenvolvimento de semicondutores, de *mainframes*, da computação pessoal e da Internet.

Com o surgimento da Quarta Revolução Industrial, chamada de Indústria 4.0, a conectividade e inovação dominam esta era e potencializam processos colaborativos surgindo tecnologias habilitadoras de alta performance, conforme mostra a figura 1.

Figura 1 - Tecnologias habilitadoras



Fonte: BCG (2020)

Estas novas tecnologias “forçam” as pessoas a mudanças de *mindset* e as empresas a se transformarem, buscando um novo modelo de negócio emergente.

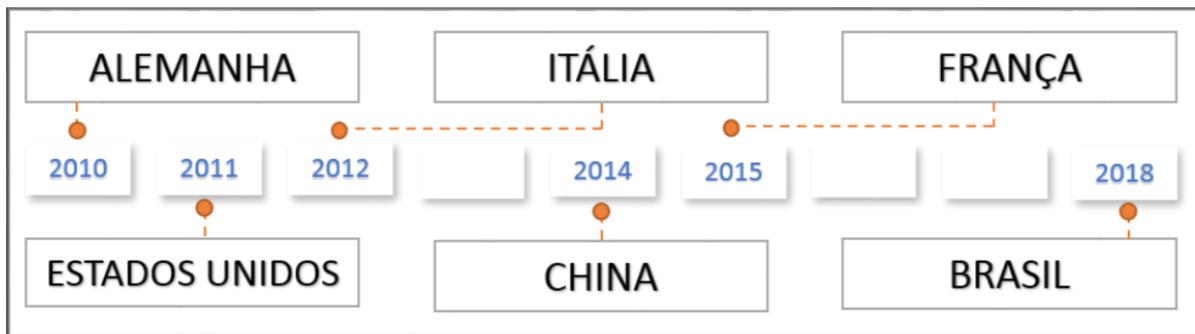
Logo, este artigo busca abordar uma das tecnologias habilitadoras, que é a Realidade Aumentada (RA), demonstrando sua aplicação em diversas áreas da manutenção, suas vantagens e benefícios. A RA foi trazida pela Quarta Revolução Industrial, denominada inicialmente na Alemanha, no seu lançamento na feira de Hannover Messe, como Indústria 4.0.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Indústria 4.0 no Brasil e no Mundo

O Brasil se inseriu efetivamente nesta revolução apenas no ano de 2018, conforme mostra a figura 2, e segundo Maciel (2017), uma pesquisa da Confederação Nacional da Indústria (CNI) levantou que se espera que cerca de 21,8% das empresas brasileiras, atuem no conceito de Indústria 4.0 em 10 anos. Na ocasião, apenas 1,6% das Indústrias localizadas no Brasil, estavam aplicando alguma das tecnologias habilitadoras apresentadas na figura 1.

Figura 2 - Ano de lançamento de programas nacionais



Fonte: Adaptado pelo autor de Revista Exame (2018)

Segundo Tiinside (2017), no mundo, cerca de 50% das organizações entrevistadas na Alemanha, Estados Unidos, França e Reino Unido, já implementaram fábricas inteligentes.

Existe um grande desafio a ser alcançado e a RA terá sua parcela nesta conquista, ajudando as empresas a adentrarem nesta transformação digital e conseguir ser cada vez mais competitivo, reduzindo seus custos e agilizando seus processos de manutenção.

Ainda no Brasil, a Embraer começou a treinar de forma virtual, em 3D, o que os trabalhadores fariam no chão de fábrica um ano antes do início da produção. O projeto teve 12 mil horas de testes antes das aeronaves decolarem. Defeitos que, normalmente, seriam detectados somente com o avião no ar, foram resolvidos ainda na fase de preparação. Na linha de montagem, os operários usam computadores e tablets com tecnologia de RA e, em caso de dúvida, há sempre um vídeo para explicar como realizar a operação. Com todos os ganhos da digitalização, o tempo de montagem já caiu 25% (COSTA e STEFANO, 2014).

Mudar o cenário de competitividade nacional, mostrado na figura 3, perante o mundo é uma busca constante nesta corrida pela sobrevivência.

Figura 3 - Índice de Competitividade Global – Brasil



Fonte: Adaptado de Schwab (2018, 2017, 2016, 2015, 2014).

2.2 Realidade Aumentada

Do inglês *Augmented Reality* (AR), a Realidade Aumentada (RA) tem como objetivo fazer com que a percepção do ser humano seja expandida e fique próxima da realidade atual.

Suas aplicações vão além do suporte aos processos de montagem das linhas de produção, passando por ferramentas auxiliares ao mantenedor quando em atividades de manutenção remota, até a aplicações de capacitação de pessoas para atuarem, seja como instrução na operação de máquinas/equipamentos, seja como em consultas à procedimentos, normas e manuais de máquinas (*datasheets*).

Segundo Caudell e Mizell (1992), a primeira documentação sobre RA pertence à Boeing e foi evidenciada durante a década de 1990, e desde então, o interesse das indústrias na utilização desta tecnologia foi desperto, já que no início eram muito limitadas. Com o desenvolvimento das tecnologias, como dispositivos móveis (*smartphones, tablets* etc.), estas limitações foram superadas e a RA produziu amplas funcionalidades.

Um exemplo desafiador de aplicação de RA, foi o projeto iniciado em 2017 para ser apresentado durante a Expomafe – Feira Internacional de Máquinas-Ferramenta e Automação Industrial e aprimorado no ano seguinte para ser exposto durante a Feira Internacional de Máquinas e Equipamentos (FEIMEC) que ocorreu em 2018. O Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) de São Caetano do Sul, juntamente com a Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos (ABIMAQ), desenvolveu em parceria com 21 empresas detentoras das tecnologias habilitadoras, um demonstrador da Indústria 4.0, e teve seu papel fundamental como integrador.

Atualmente este demonstrador faz parte do OpenLab, que é laboratório aberto para *TestBed* de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 pelas empresas e alunos. Está localizado na escola SENAI Armando de Arruda Pereira em São Caetano do Sul, no estado de São Paulo (SP), conforme mostra a figura 4.

Figura 4 - OpenLab SENAI São Caetano do Sul



Fonte: Elaborado pelo autor.

Este projeto permitiu, entre outras ações, integrar aplicações de RA em parceria com a empresa Schneider Electric através da plataforma *EcoStruxure™ Augmented Operator Advisor*, onde se é possível obter informações em tempo real aumentando a eficiência e reduzindo custos com diagnóstico instantâneo e manutenção, conforme mostra a figura 5.

Figura 5 - Aplicação de RA



Fonte: Schneider Electric (2019).

De forma resumida, a captação das informações de energia da planta se dá através do *Power Tag* da Schneider localizado sobre o disjuntor principal de cada módulo e é transmitida através do protocolo Zigbee, padrão de rede sem fio de baixo custo e baixa potência, para o Smartlink, que concentra as informações. Este posteriormente, envia-as à um PC Industrial que processa as informações e redistribui utilizando a plataforma *EcoStruxure™* da Schneider Electric para visualização nos tablets. Assim, utilizando a tecnologia de RA é possível medir e monitorar a energia da planta industrial 4.0 em tempo real.

Logo, a RA é sem dúvidas uma das principais tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 e para a área de manutenção, torna-se fundamental na ajuda da redução de custos com o tempo perdido em diversos atendimentos de Ordem de Serviço (OS).

Para Moscon, apud Ferrari (2017), fundador da startup a GoEpik: “a aplicação da Realidade Aumentada incrementa a produtividade e promove a redução de tempo e de custos associados à produção em massa. Ela evita muitos erros e permite uma gestão mais eficiente e inteligente”.

Esta solução possibilita ao mantenedor ter acesso às informações de consumo da linha de produção em tempo real, na palma da mão, que poderá auxiliá-lo na tomada de decisões durante uma manutenção, seja preditiva ou corretiva.

Outra vantagem é poder trabalhar com o modelo *paperless*, que significa operação sem papel, uma vez que se pode ter acesso ao manual da máquina (*datasheet*) em tempo real diretamente no tablet ou smartfone, conforme mostra a figura 6.

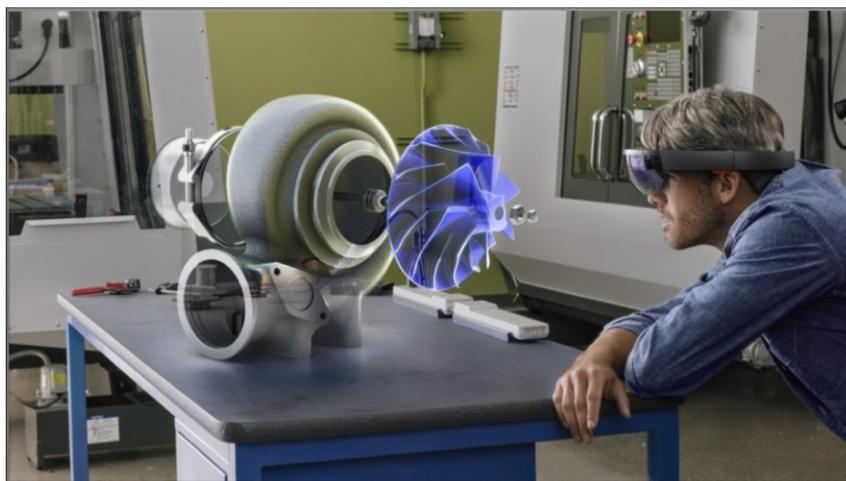
Figura 6 - Acesso ao datasheet de máquinas (*paperless*)



Fonte: Amici et al. (2018)

Outra forma de acesso é utilizando o óculos de RA, denominado também de *smart glasses*, como o Microsoft HoloLens mostrado na figura 7.

Figura 7 - Microsoft HoloLens



Fonte: Lufkin (2015)

Além disso, segundo Buccioli et al. (2006), toda a operação de manutenção poderá ser instruída utilizando recursos de RA, buscando a confiabilidade na execução das tarefas. Com isso, atividades de retrabalho serão reduzidas e servirá como modelo instrucional para novos

colaboradores intensificando a relação de colaboração entre setores como por exemplo Recursos Humanos e Manutenção.

Manter a produtividade dos técnicos mantenedores é um enorme desafio. Assim, as aplicações de RA na manutenção vão ao encontro da busca incansável em eliminar ou otimizar as causas. Segundo Teles (2020), as principais causas de improdutividade na manutenção podem ser vistas na figura 8.

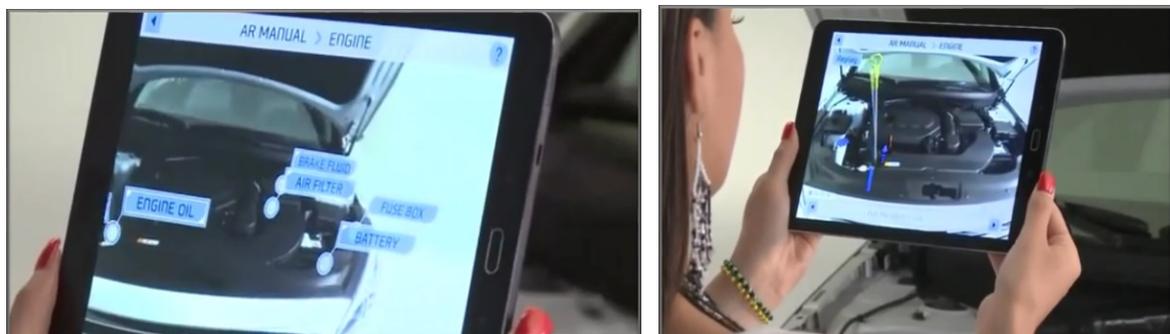
Figura 8 - Improdutividade na manutenção



Fonte: Teles (2020).

Por sua vez, a RA traz um potencial que vai além das fronteiras industriais. Com aplicação na área de serviços, busca a assertividade no diagnóstico de falhas dos motores veiculares e/ou em manutenção preventiva. Na figura 9, pode-se observar os procedimentos de verificação do nível de óleo do motor de um determinado veículo.

Figura 9 - Manutenção veicular



Fonte: Teles (2020).

Desenvolver uma aplicação onde o cliente é instruído na realização da manutenção preventiva, como uma simples verificação do nível de óleo do motor, traz uma quebra de paradigmas que ronda o público de maior dificuldade técnica para lhe dar com este tipo de mecânica automotiva.

Já na área de entretenimento, a RA pode ser visto no jogo Pokemon GO, mostrado na figura 10, onde a RA sobrepõe na cidade bichos virtuais que são caçados com a *Pokeball*. A união de câmeras, GPS e banda larga de Internet são os fatores de sucesso deste jogo.

Figura 10 - Pokemon GO



Fonte: Atzingen (2016)

Exemplificando ainda a aplicação de RA em outras áreas, a construção civil traz aplicações de RA onde plantas digitais são carregadas mostrando como será o futuro edifício. Assim o engenheiro poderá ver as colunas e estruturas ainda não construídas projetadas em um ambiente ainda a ser construído futuramente.

2.3 Software de desenvolvimento de RA

Diversos são os softwares que proporcionam a criação desta experiência. Segundo Mangur (2019), os nove melhores kits de desenvolvimento de softwares (SDK) de RA, em 2019, são mostrados de forma comparativa na figura 11.

Figura 11 - Tabela de comparação de recursos do SDK

	Wikitude	ARKit	ARcore	Vuforia	MaxST	DeepAR	EasyAR	ARToolKit	Xzimg
Captura de distância máxima (m)	2.4 / 5	1,5 / 5	1.0 / 3	1.2 / 3.7	0,5 / 0,9	0,7 / 5	0,9 / 2,7	3/3	0,5 / 1
Estabilidade de reconhecimento de marcador imóvel	6	9	9	10	7	8	7	8	4
Estabilidade de reconhecimento de marcador móvel	6	7	6	6	2	7	3	6	3
Reconhecimento de ângulo mínimo	10	30	50.	30	50.	35	35	10	45
Visibilidade mínima para o marcador sobreposto de reconhecimento	100%	50%	75%	20%	50%	10%	10%	100%	25%
Reconhecimento 2D	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Reconhecimento 3D	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓
Localização geográfica	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-
Cloud Reconhecimento	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-
BATER	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
Total (classificação)	8.0	7,5	7,7	7,7	5.2.	4.7	4.4.	2.8	3.1.

Fonte: Mangur (2019)

Para melhor entendimento dos SDK de RA, segue uma breve descrição deles e da plataforma que utilizam:

- a) ARKit: SDK de introdução para desenvolvedores de software para criar aplicativos e jogos de RA. Utiliza a plataforma iOS.
- b) ARCore: Criado pelo Google, vem em resposta ao ARKit e é gratuito. Suas principais características são: rastreamento de movimento, entendimento ambiental para detectar tamanho/localização de superfícies e estimativa da luz para trazer as condições reais de iluminação. Utiliza a plataforma iOS e Android.
- c) Vuforia: A mais popular entre elas. Possui funcionalidades como reconhecimento dos diferentes tipos de objetos visuais (uma caixa, cilindro, avião etc.), reconhecimento de texto e ambientes, além do VuMark, que é uma combinação de imagem e código Quick Response (QR). Além disso você pode digitalizar e criar destinos de objeto. Utiliza a plataforma iOS, Android, UWP e Unity Editor.
- d) WIKITUDE: Além dos recursos essenciais de um SDK para Windows 7, este software oferece reconhecimento de cena, gravação e rastreamento estendido de objetos, destinos instantâneos, visualização ao vivo do Unity e suporte do Windows. Utiliza a plataforma iOS, Android e Windows para tablets, além de rodar nos óculos inteligentes (Epson Moverio, Vuzix M100 e ODG R-7).
- e) Maxst: Inclui rastreador instantâneo, SLAM visual, objeto, rastreador de imagem, reconhecimento de nuvem, rastreador de marcador, rastreador de código QR, leitor de QR/Barcode e calibração de óculos inteligentes. Utiliza a plataforma iOS, Android, Windows, Mac OS e Unity.
- f) DeepAR: Possui quatro tipos de efeitos como objetos rígidos, máscaras deformáveis, máscaras de transformação e efeitos de pós-processamento. Esse SDK pode ser utilizado para lentes faciais de alta qualidade, semelhantes às do Snapchat e Facebook, além de várias máscaras e efeitos para dispositivos móveis e aplicativos de *desktop*. Além disso, é capaz de detectar rostos e recursos faciais em tempo real utilizando técnicas de aprendizado de máquinas. Utiliza a plataforma PC, iOS, Android, Windows e WebGL.
- g) EasyAR: Alternativa gratuita, este software suporta apenas reconhecimento de imagem na versão 1.3.1. Novos recursos estão previstos para as novas versões como reconhecimento de objetos, percepção de ambientes, reconhecimento em nuvem, solução de vidro inteligente e empacotamento na nuvem. Utiliza a plataforma iOS, Android, Windows, Mac OS, Unity e UWP.
- h) ARToolKit: Biblioteca de rastreamento em código aberto para RA, possui funcionalidades como rastreamento de posições, rastreamento de quadrados pretos simples, rastreamento de imagens planares, calibração da câmera, plugins para Unity, suporte para monitor óptico, software livre e de código aberto, rapidez na aplicação de RA em tempo real. Plataforma: Android, iOS, Linux, Windows, Mac OS e *Smart Glasses*.
- i) Xzimg: Incorpora três produtos principais em seu SDK como Visão Aumentada, Rosto Aumentado e Face Mágica.

2.4 Targets de RA

Os *Targets* são alvos que disparam a RA, utilizados pelos SDKs como o Vuforia. Sua principal característica é reconhecer e rastrear imagens e objetos 3D em tempo real utilizando visão computacional. Os targets mais utilizados são:

- a) **Model Targets:** Reconhece objetos pelo seu formato utilizando modelos pré-existentes, conforme mostra a figura 12. O Model Target Generator (MTG) requer Windows 7 (64 bits) ou mais recente.

Figura 12 - Model Targets



Fonte: Vuforia (2020)

- b) **Image Targets:** Posiciona mídias digitais sobre uma fotografia, livro e revista conforme mostra a figura 13. Muito utilizado no aprimoramento de mídias impressas e de embalagens de produtos para campanhas de marketing. As imagens devem ser de extensão “JPG” ou “PNG”, em RGB ou em escala de cinza. E o tamanho das imagens de entrada não podem ultrapassar 2 MB.

Figura 13 - Image Targets



Fonte: Vuforia (2020)

- c) **Multi Targets:** Semelhante ao Image Targets, porém a captura do alvo é feita em tempo real, conforme mostra a figura 14. A vantagem é que o usuário pode experimentar a RA a qualquer momento e em qualquer lugar.

Figura 14 – Multi Targets



Fonte: Vuforia (2020)

d) **Cylinder Targets:** Permite rastrear e detectar imagens cilíndricas e cônicas conforme mostra a figura 15. Podem ser usados para identificar imagens como latas de refrigerantes, xícaras, garrafas etc. Utiliza as imagens superior, inferior, ou ambas, para tornar a orientação menos ambígua. Segundo Vuforia (2020), essa dica é especialmente importante quando se espera que os usuários vejam o destino levemente de cima ou de baixo.

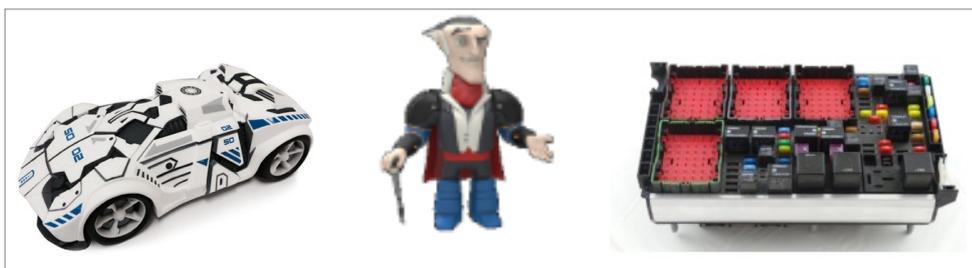
Figura 15 - Cylinder Targets



Fonte: Vuforia (2020)

e) **Object Targets:** Permite criar experiências interativas com objetos 3D, conforme mostra a figura 16. Ele foi projetado para funcionar com brinquedos, como figuras de ação e veículos, além de outros produtos de consumo.

Figura 16 – Object Targets



Fonte: Vuforia (2020)

f) VuMarks: Reconhecido como código de barras do futuro, ele permite ser representado por um logotipo de uma marca com design personalizado que, ao mesmo tempo, se torna um codificador de dados agindo como alvo de recuperação de RA, conforme mostra a figura 17. O VuMark fornece uma solução universal para oferecer experiências únicas de RA em qualquer objeto, enquanto permite a liberdade de design para uma aparência e sensação personalizadas. Além disso, segundo Vuforia (2020), fornece um método simples para codificar dados, como um URL ou um número de série do produto, e supera as limitações das soluções de código de barras da matriz existente que não suporta experiência de RA e pode prejudicar a aparência do produto.

Figura 17 – VuMarks



Fonte: Vuforia (2020)

3 CASES DE APLICAÇÃO DE RA

As aplicações propostas surgiram através da necessidade apresentada pela área de manutenção de algumas empresas, clientes do Instituto SENAI de Tecnologia (IST) Metalmeccânica do SENAI de São Caetano, onde em alguns casos, era possível encontrar mais de 50% de desperdício de tempo nas atividades de manutenção, causando improdutividade, desalinhada aos padrões preconizados pelo cliente, gerando alto custo e retrabalho.

3.1 Estamparia e Usinagem: Assistência Remota com RA

O objetivo é utilizar uma aplicação de realidade aumentada que permita auxiliar operadores durante a manutenção em campo, sem a necessidade de deslocar um especialista para o local.

Neste cenário, a empresa enfrentava problemas na execução de tarefas simples de manutenção, pois nem todos os funcionários eram treinados para executá-las.

A solução proposta foi a aplicação com uma interface simples e amigável garantindo a melhor experiência do usuário. O projeto abrange utilização de óculos de realidade aumentada HoloLens 2 da Microsoft, mostrado na figura 18, que é uma solução profissional do mercado para aplicação RA e assistência remota.

Um dos benefícios atingidos, foi a resolução de problemas simples de manutenção de máquina pelo próprio operador (usuário), sendo assistido e orientado pelo mantenedor especialista. Com isso, a presença do mantenedor *in loco* só será necessária, caso seja esgotado todas as possibilidades de solução direta com o operador de forma remota. Com

isso, há uma redução de custos de Hora Homem (HH) no deslocamento deste especialista até o local do atendimento, objetivando a resolução de problemas simples do dia a dia.

Figura 18 – Uso do HoloLens 2 em assistência remota



Fonte: Microsoft (2020)

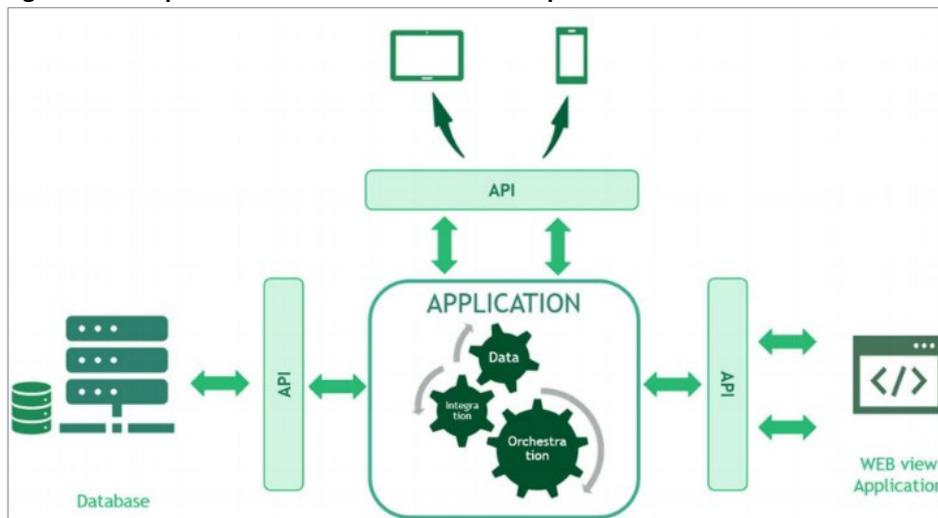
3.2 Fabricante de Vidros: RA para exibição de *datasheet* de máquinas

O objetivo desta aplicação é, através de uma aplicação de RA, obter informações importantes de máquinas e equipamentos, como parâmetros e documentação, para auxiliar o mantenedor durante suas atividades.

Neste cenário, o projeto consiste em um sistema como solução frente às dificuldades expostas pela empresa, nas operações de manutenção que envolvam documentação com parâmetros de operação de máquinas, riscos de áreas e componentes críticos das máquinas.

A solução proposta (Application), mostrada na figura 19, foi fazer com que o sistema permita o acesso às informações atualizadas por meio de documentos ou objetos diretamente na tela de um dispositivo móvel. Um aplicativo instalado em um tablet, escaneia o *QRCode* e solicita ao sistema acesso aos arquivos referentes ao código lido. A partir da lista de itens, o mantenedor pode baixar a informação desejada ou visualizar na tela do dispositivo.

Figura 19 – Arquitetura do sistema desenvolvida pelo IST



Fonte: Adaptado de Schneider (2019)

Um dos benefícios atingidos foi o acesso à informação de uma forma ágil e permitindo o trabalho com o modelo “*paperless*” (operação sem papel).

3.3 OpenLab SENAI: RA para gerenciamento e inspeção de equipamentos

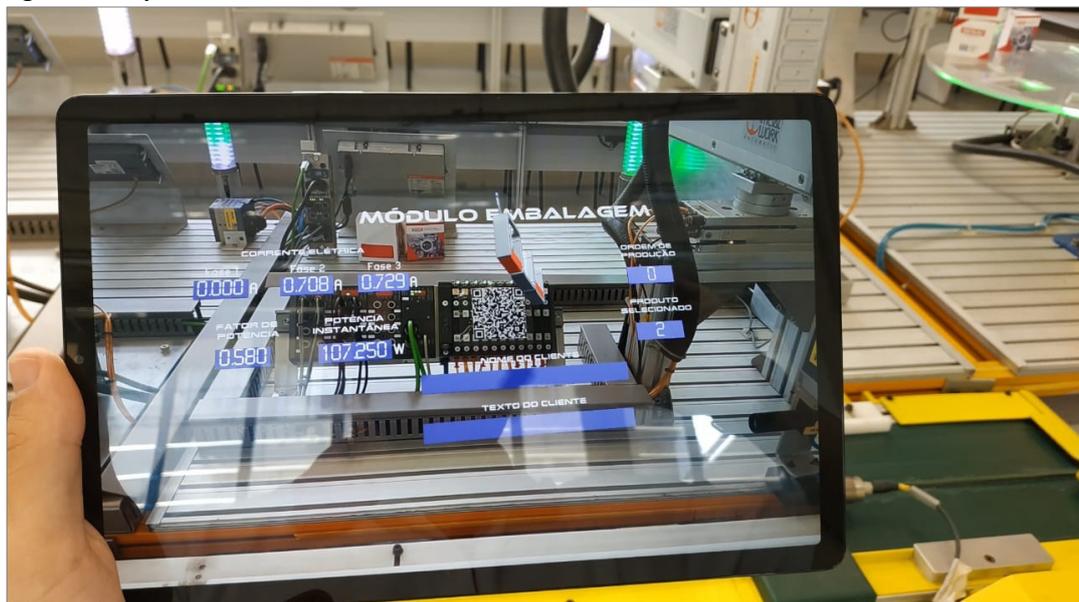
O objetivo é auxiliar operadores durante procedimentos de inspeção e manutenção, por meio de uma aplicação que possibilite o gerenciamento de energia e permita acesso a manuais de equipamentos, procedimentos de manutenção e dados integrados.

Neste cenário há falta de padronização nas operações, falta de organização com material de suporte e gasto de tempo com atividades que não agregam valor.

A solução proposta, mostrada na figura 20, foi combinar informações contextuais e dinâmicas para os usuários através de dispositivos móveis, permitindo que eles experimentem uma fusão do ambiente físico e da vida real com a sobreposição de objetos virtuais e dados em tempo real por meio de RA. Isto aumenta a eficiência e reduz custos com diagnóstico instantâneo e manutenção.

Os benefícios atingidos com a aplicação da RA foram melhorar a eficiência operacional, reduzir o tempo de inatividade e acelerar a operação e a manutenção. Isto foi possível, com a fácil localização das informações na tela e com o acesso imediato em campo à dados, manuais do usuário, instruções e diagramas em tempo real. Além de reduzir erros humanos com a localização dos equipamentos corretos, traz as informações do passo a passo para os operadores concluírem os procedimentos de manutenção.

Figura 20 - OpenLab SENAI: Realidade Aumentada



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 Planta Didática Fischertechnik: RA na disseminação da informação

O objetivo desta aplicação é auxiliar o treinando durante procedimentos de instrução e aprendizado como disseminação da informação.

Neste cenário há dificuldades em entender a aplicação dos módulos contidos na célula didática da Fischertechnik durante uma instrução de treinamento.

A solução proposta, mostrada na figura 21, foi permitir acesso à descrição de cada módulo, conceitos e suas aplicações por meio de RA, reduzindo o uso de papéis e agilizando o acesso à informação, durante o treinamento.

Um dos benefícios alcançados foi a melhoria da metodologia didático/pedagógica do professor, pois permite que os alunos tenham acesso em tempo real às informações necessárias para assimilar a tecnologia aplicada em cada módulo e podem a qualquer momento, sanar dúvidas sobre a utilização do módulo abordado.

Figura 21 - Planta Didática Fischertechnik: Realidade Aumentada



Fonte: Elaborado pelo autor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias de RA surgiram a décadas atrás, porém foi com o advento da Indústria 4.0 que se intensificou as aplicações com esta ferramenta.

Com o aumento do desempenho das tecnologias de processamento, os sistemas imersivos ganharam espaço e tornaram-se mais acessível. Logo, a RA contribuiu para mudar nossa percepção de mundo e a forma como a tecnologia interage com o ser humano.

Com este trabalho pode-se ver a importância da RA aplicado na manutenção, pois melhora a eficiência operacional durante uma inspeção, reduz tempo de inatividade do mantenedor, agiliza o acesso à informação, permite um ganho em treinamentos operacionais e ajuda na redução de erros humanos com a localização dos equipamentos corretos.

É uma mudança de *mindset*, pois trata de uma cultura imersiva aplicada em uma atividade operacional e procedimental, agregando valor a seu usuário e proporcionando uma experiência única.

REFERÊNCIAS

AMICI, T.T.; HANSER FILHO, P.; CAMPO, A.B. Augmented reality applied to a wireless power measurement system of an Industrial 4.0 advanced manufacturing line. *In*: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INDUSTRY APPLICATIONS, 13., 2018, São Paulo. p. 1402-1406. DOI: 10.1109/INDUSCON.2018.8627301.

ATZINGEN, Henrique von. Pokémon go: como usar realidade aumentada em aplicações para sua empresa? **Computerworld**. 04 ago. 2016. Disponível em: <https://computerworld.com.br/2016/08/04/pokemon-go-como-usar-realidade-aumentada-em-aplicacoes-para-sua-empresa/>. Acesso em: 11 mar. 2020.

BOSTON CONSULTING GROUP - BCG. **Embracing Industry 4.0 and rediscovering**. 2020. Disponível em: <https://www.bcg.com/pt-br/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx>. Acesso em: 11 fev. 2020.

BUCCIOLI, A. A. B.; ZORZAL, E. R.; KIRNER, C. Usando realidade virtual e aumentada na visualização da simulação de sistemas de automação industrial. *In*: SYMPOSIUM ON VIRTUAL REALITY (SVR2006), 8, 2006.

CAUDELL, T.; MIZELL, D.W. Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. *In*: IEEE HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS SCIENCES, 25, 1992, pp. 659-669. Kauai. **Anais** [...]. Kauai: IEEE, 1992. DOI: [10.1109/HICSS.1992.183317](https://doi.org/10.1109/HICSS.1992.183317)

COSTA, Melina; STEFANO, Fabiane. A era das fábricas inteligentes está começando. **Revista Exame**. jul. 2014. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/revista-exame/a-fabrica-do-futuro/>. Acesso em: 11 mar. 2020.

DATHEIN, Ricardo. **Inovação e revoluções industriais**: uma apresentação das mudanças tecnológicas determinantes nos séculos XVIII e XIX. DECON Textos Didáticos, v. 2, 2003.

FERRARI, Alfredo. Tecnologia reduz custos na manutenção de máquinas. **A Voz da Indústria**. nov. 2017. Disponível em: <https://avozdaindustria.com.br/colunistas/tecnologia-reduz-custos-na-manuten-o-de-m-quinas>. Acesso em: 11 mar. 2020.

LUFKIN, Bryan. A nova versão do HoloLens da Microsoft está entre nós, e é fantástica. **Blog GIZMODO Brasil**. 2015. Disponível em: <https://gizmodo.uol.com.br/nova-versao-do-hololens/>. Acesso em: 18 fev. 2020.

MACIEL, Camila. Indústria 4.0 deve atingir 21,8% das empresas brasileiras em uma década. **Agência Brasil**. 12 dez. 2017. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2017-12/industria-40-deve-atingir-218-das-empresas-brasileiras-em-uma-decada> Acesso em: 18 fev. 2020.

MANGUR, Victor. Best ar sdk for development for ios and android. **ThinkMobiles Blog**. 2019. Disponível em: <https://thinkmobiles.com/blog/best-ar-sdk-review>. Acesso em: 18 fev. 2020.

MICROSOFT. **HoloLens 2**. 2020. Disponível em: <https://www.microsoft.com/en-us/hololens/apps>. Acesso em: 11 mar. 2020.

PRESTES, Laura Marcelino; CLETO, Marcelo Gechele. **Ferramentas da indústria 4.0**: realidade virtual e aumentada: conceitos e aplicação. Curitiba. 2019.

REVISTA EXAME. **Como construir o Brasil 4.0**. n.1162, 30 mai. 2018.

SCHNEIDER ELECTRIC. **EcoStruxure™ Augmented Operator Advisor**. 2019. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?time_continue=8&v=q3Hoezi0v8&feature=emb_logo
Acesso em: 11 fev. 2020.

SCHWAB, Klaus. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2019.

SCHWAB, Klaus. **The global competitiveness report 2018**. Geneva: World Economic Forum, 2018. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/GCR2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2018.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2020.

SCHWAB, Klaus. **The global competitiveness report 2017-2018**. Geneva: World Economic Forum, 2017. Disponível em: <http://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017%E2%80%932018.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2020.

SCHWAB, Klaus. **The global competitiveness report 2016-2017**. Geneva: World Economic Forum, 2016. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/GCR2016-2017/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2016-2017_FINAL.pdf. Acesso em: 18 fev. 2020.

SCHWAB, Klaus. **The global competitiveness report 2015-2016**. World Economic Forum, 2015. Disponível em: [http://www3.weforum.org/docs/gcr/2015-2016/Global Competitiveness Report 2015-2016.pdf](http://www3.weforum.org/docs/gcr/2015-2016/Global%20Competitiveness%20Report%202015-2016.pdf). Acesso em: 18 fev. 2020.

SCHWAB, Klaus. **The global competitiveness report 2014-2015**. Geneva: World Economic Forum, 2014. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2014-15.pdf. Acesso em: 18 fev. 2020.

TELES, Jhonata. Engenharia de manutenção e confiabilidade, gestão de manutenção, PCM: 10 grandes desperdícios na manutenção. **Blog ENGETELES**. 2020. Disponível em: <https://engeteles.com.br/10-grandes-desperdicios-na-manutencao/> Acesso em: 18 fev. 2020.

TIINSIDE. **Fábricas inteligentes devem adicionar US\$ 500 bilhões à economia global nos próximos cinco anos**. 2017. Disponível em: <https://tiinside.com.br/22/06/2017/fabricas-inteligentes-devem-adicionar-us-500-bilhoes-economia-global-nos-proximos-cinco-anos/>. Acesso em: 18 fev. 2020.

VUFORIA. **Developer Library**. 2020. Disponível em: <https://library.vuforia.com/>. Acesso em: 03 mar. 2020.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar a assimilação dos conhecimentos proporcionado pelos professores do curso de pós-graduação Indústria 4.0, à minha família, pelo apoio e incentivo constante e ao professor Thiago Tadeu Amici pela orientação neste trabalho.

Agradeço ainda, aos colegas de trabalho, Bruno Araujo de Sousa, Leticia Francischini Rodrigues, Motasem Bechir El Malat, Murilo Monteiro Cinel, Ricardo Gomes Miguel e Vinicius Barcos Galli pela ajuda com o fornecimento de material de apoio.

A toda equipe do IST Metalmecânica e ao SENAI São Caetano, representado pelo professor Osvaldo Luiz Padovan, pela oportunidade em adquirir novos conhecimentos e vivenciar de forma prática a transformação digital atual.

Sobre os autores:

EVANDRO CAMPARA (Aluno)



Pós-graduando em Indústria 4.0, graduado em Tecnologia de Processamento de Dados e Técnico em Eletrônica. Atuando no SENAI/SP à 27 anos, atualmente como Coordenador de Relacionamento com a Indústria na Escola SENAI “Armando de Arruda Pereira”, Departamento Regional do SENAI/SP. Representante do SENAI/SP junto ao mercado, promovendo a educação profissional e tecnológica, a inovação, o empreendedorismo e a transferência de tecnologias industriais, contribuindo para elevar a competitividade da indústria brasileira. Responsável por uma equipe multidisciplinar e pela interlocução Indústria / Senai-SP, por meio de soluções educacionais de nível básico (aprendizagem profissional), técnico, superior, pós-graduação e formação continuada e também por meio de soluções tecnológicas juntamente com o IST - Instituto SENAI de Tecnologia e o UpLab - espaço de empreendedorismo e inovação do SENAI-SP criado para oferecer o suporte necessário para impulsionar e acelerar o lançamento de startups com conexão industrial no mercado.

Link: www.linkedin.com/in/evandro-campara-b82005144

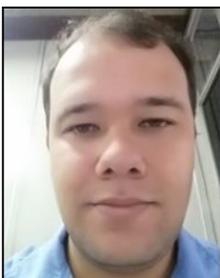
ii THIAGO TADEU AMICI (Orientador)



Atualmente ministra aulas na pós-graduação de Indústria 4.0 e na graduação em Tecnologia em Mecatrônica na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica, que fica no SENAI Armando de Arruda Pereira. Assessora também o Instituto SENAI de Tecnologia Metalmeccânica em projetos industriais com foco na Indústria 4.0. Durante 7 anos ministrou aulas pelo SENAI-SP, nos cursos de técnicos de Mecatrônica, Automação Industrial, Eletrônica e Eletroeletrônica, além de Formação Inicial e Continuada (FIC) com cursos voltados ao CLP da Siemens. Possui mestrado em Automação e Controle e Processos pelo Instituto Federal de Ciências e Tecnologia de SP (IFSP - 2018), graduação em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia São Paulo (2012), graduação em Tecnologia em Automação Industrial pelo IFSP (2009) e ensino profissionalizante em Eletrônica pela Instituição Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo (2002). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, Automação Industrial, Mecatrônica, Robótica e Indústria 4.0. Experiência internacional na aprovação de linha de produção (Cavemil) em Milão na Itália e sua instalação no Brasil. Participou do desenvolvimento do projeto, programação, montagem e apresentação da Linha de Manufatura Avançada Industrial 4.0 realizada em parceria entre o SENAI-SP e a ABIMAQ, que foi exposta na FEIMEC 2018 e da linha de Confecção 4.0, em parceria entre o SENAI-SP e a ABIT.

CV: <http://lattes.cnpq.br/9165856219131658>

iii JOSÉ ROBERTO DOS SANTOS (Banca)



Atualmente ministra aulas na pós-graduação de Indústria 4.0 e na graduação em Tecnologia em Mecatrônica na Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica, que fica no SENAI Armando de Arruda Pereira. Assessora também o Instituto SENAI de Tecnologia Metalmeccânica em projetos industriais com foco na Indústria 4.0. Durante 9 anos ministrou aulas pelo SENAI-SP, nos cursos de técnico em eletroeletrônica, cursos de aprendizagem industrial eletricitista de manutenção e mecânico de usinagem, além de Formação Inicial e Continuada (FIC) com cursos voltados a área de redes de computadores e programação, possui treinamento de Linux, Cisco e Microsoft. Possui Pós-graduação na área de segurança da informação pela Uninove (2016), graduação em tecnologia da informação e bacharel em sistema da informação (2009), além de superior em Automação industrial. Tem experiência na área de Segurança da informação, administração de ambientes de redes Windows e Linux, e automação industrial.

CV: <http://lattes.cnpq.br/2495692420793433>

iv CLÁUDIO LUÍS MAGALHÃES FERNANDES (Banca)

Possui graduação em Engenharia Elétrica Modalidade Eletrônica com Ênfase em Computação pela Universidade Santa Cecília (2006), Pós-graduação Lato Sensu em Automação Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica (2010), Pós-Graduação Lato Sensu em Docência na Educação Profissional, pelo SENAI CETIQT (2015) e Mestrado Profissionalizante em Engenharia Mecânica pela Universidade Santa Cecília (2012). Atualmente é Coordenador da Faculdade SENAI de Tecnologia Mecatrônica Armando de Arruda Pereira em São Caetano do Sul, Professor da Faculdade de Tecnologia São Vicente dos cursos Tecnólogo em Automação Industrial, Bacharelado em Sistemas de Informação, Engenharia Elétrica. Atua na Universidade Santa Cecília - UNISANTA como docente e pesquisador de técnicas de Inteligência Artificial que fazem uso dos conceitos das Lógicas Não-Clássicas, com ênfase na LPA2V (Lógica Paraconsistente Anotada de dois Valores) e Lógica Fuzzy, aplicadas a sistemas Robóticos e no Controle de Processos Industriais.