



SÃO PAULO

**FACULDADE SENAI DE TECNOLOGIA MECATRÔNICA
REVISTA BRASILEIRA DE MECATRÔNICA**

USOS E BENEFÍCIOS DA REALIDADE AUMENTADA NA INDÚSTRIA 4.0

USES AND BENEFITS OF AUGMENTED REALITY IN INDUSTRY 4.0

Marcelo Pereira da Silva^{1, i}

Erick Akira Uesugui^{2, ii}

Danilo Rodrigues Almeida^{3, iii}

Danilo de Jesus Oliveira^{4, iv}

Ariane Diniz Silva^{5, v}

Data de submissão: (12/01/2022) Data de aprovação: (27/06/2022)

RESUMO

Inovações como a Realidade Aumentada (RA) podem trazer avanços tecnológicos à Indústria 4.0 e vêm alterando drasticamente o cenário industrial atual. Embora essa tecnologia não seja nova, sua constante evolução e reestruturação vem causando impactos de diversas magnitudes na indústria. A Realidade Aumentada (RA) cria ambientes virtuais dentro de ambientes reais de forma interativa, permitindo expandir informações que antes eram limitadas à imaginação, inteligência e memória de cada indivíduo. Buscando compreender o uso e benefícios gerados pelo advento dessa ferramenta dentro da indústria, esse estudo de caráter qualitativo teve como intuito, através da pesquisa bibliográfica, analisar a literatura publicada nos últimos dez anos e colocar em diálogo os diferentes pontos de vista apresentados pelos autores. Verificou-se que a Realidade Aumentada altera a rotina das indústrias quando utilizada durante o processo de fabricação, manutenção e simulações, possibilitando assim maior resolução de problemas, aumento da produção, tendo em vista a otimização do tempo e a redução de erros, além de aumentar a segurança nos processos.

¹ Bacharel em Engenharia Elétrica pela Faculdade Fundação Instituto Tecnológico de Osasco e docente na Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI "Gaspar Ricardo Júnior". E-mail: marcelo.psilva@sp.senai.br

² Bacharel em Biblioteconomia pela Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo e Bibliotecário na Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI "Gaspar Ricardo Júnior". E-mail: erick.akira@sp.senai.br

³ Especialista em Instalações Elétricas Industriais, Comerciais e Residenciais e Coordenador de Atividades Técnicas na Escola SENAI "Santos Dumont". E-mail: danilo.almeida@sp.senai.br

⁴ Mestre em Ciência e Tecnologia de Materiais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho e Coordenador de Atividades Técnicas na Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI "Gaspar Ricardo Júnior". E-mail: danilo.oliveira@sp.senai.br

⁵ Doutora em Educação na Universidade de Sorocaba e professora da Universidade de Sorocaba e da Escola e Faculdade de Tecnologia "Gaspar Ricardo Júnior". E-mail: ariane.silva@sp.senai.br

Contudo, ainda há necessidade de ser mais explorada, estudada e aplicada, visando elevar o nível dos processos industriais.

ABSTRACT

Innovations such as Augmented Reality can bring technological advances to industry 4.0 and are drastically changing the current industrial landscape. Although this technology is not new, its constant evolution and restructuring has been causing impacts of different magnitudes on the Industry. Augmented Reality (AR) interactively creates virtual environments within real environments, allowing the expansion of information that was previously limited to the imagination, intelligence and memory of each individual. Seeking to understand the use and benefits generated by the advent of this tool within the industry, this qualitative study aimed, through bibliographical research, to analyze the literature published in the last ten years and to put into dialogue the different points of view presented by the authors. It was found that Augmented Reality changes the routine of industries when used during the manufacturing process, maintenance and simulations, thus enabling greater problem solving, increased production, with a view to optimizing time and reducing errors, in addition to increase safety in processes. However, there is still a need to be further explored, studied and applied, aiming to raise the level of industrial processes.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, acompanhamos as revoluções tecnológicas na indústria, trazendo sempre consigo grandes inovações e novas possibilidades que facilitam seu desenvolvimento e propiciam o aumento da produção e da qualidade. Muitas dessas novas tecnologias são utilizadas na era da Indústria 4.0, entre elas a Realidade Aumentada (RA), que se destaca pelo caráter interativo entre o indivíduo em sua realidade e o ambiente virtual criado pela máquina, sendo capaz de aumentar a realidade mostrando informações adicionais precisas e úteis sobre o foco da interação.

De acordo com Jetter, Eimecke e Rese (2018), a RA pode ser compreendida como uma ferramenta prestes a ter um grande potencial para as organizações quando se trata de processos complexos no campo de aplicações industriais, tanto que no contexto industrial ganhou interesse em vários campos, tais como a fabricação na indústria aeroespacial, análise de engenharia e de simulação, ou mesmo arquitetura e construção, além de muitos outros.

O uso da RA traz inúmeras vantagens ao nosso cotidiano, algumas das quais podem ser traduzidas em respostas aos seguintes questionamentos:

- a) Quem imaginava consertar uma máquina com um manual praticamente interagindo com você e disponibilizando as informações necessárias no exato momento em que precisam ser utilizadas através de demonstrações reais por vídeos e imagens, trazendo clareza e precisão no que deverá ser feito e mantendo suas mãos livres e sua mente focadas no reparo?
- b) Fazer simulações em produtos antes mesmo deles serem produzidos?
- c) Prever erros, corrigi-los e repeti-los sem que estes afetem a qualidade, o custo do produto ou mesmo interfira na sua produção?
- d) Quem imaginava andar pela fábrica e ter informações adicionais sobre o seu entorno?

Embasado nesses questionamentos, o trabalho teve como objetivo, através da pesquisa bibliográfica, elencar e demonstrar as utilizações da RA na Indústria 4.0 e evidenciar os benefícios provenientes de sua utilização.

2 CAMINHOS PARA A INDÚSTRIA 4.0

A primeira revolução industrial, ocorrida no século XVIII, foi marcada pelo advento das máquinas à vapor, em que seu aperfeiçoamento nos colocou diante de uma indústria têxtil extremamente produtiva para a época e, ainda, símbolo de excedentes de produção que resultou na necessidade de um novo modelo econômico. Isso também resultou em um progresso nos meios de transporte e de comunicação, havendo nesse período a descoberta do telégrafo.

Seguido a essa, teve a segunda revolução industrial, que se iniciou por volta de 1860 e cuja duração é de aproximadamente sessenta anos. Marcou o desenvolvimento da produção em massa e o início da produção em escala, reduzindo os custos e popularizando produtos.

Os principais acontecimentos ocorreram através do progresso científico e tecnológico, a descoberta e o aproveitamento de novas fontes de energia como o petróleo, através da queima do uso no motor à combustão, as usinas hidrelétricas, a energia nuclear, entre outras descobertas que revolucionaram ainda mais a produção industrial, o aparecimento de novos produtos químicos e a substituição do ferro pelo aço (BRITO, 2017, p.1).

Dessa forma, a massa trabalhadora pode adquirir carros e demais produtos, ocasionando na inovação da indústria e economia da época.

De acordo com Boettcher (2015), “a Terceira Revolução Industrial, também conhecida por Revolução Técnico-Científica e Informacional, é um processo de inovação tecnológica marcado pelos avanços no campo da Informática, da Robótica, das Telecomunicações, dos Transportes, da Biotecnologia e química fina, além da Nanotecnologia [...] decisivo para consolidar a presente fase do capitalismo e da divisão internacional do trabalho, a chamada globalização”.

3 INDÚSTRIA 4.0

Atualmente vivemos o início da Indústria 4.0, cujo conceito foi desenvolvido na Alemanha em 2011 e pode ser entendida como o uso de tecnologias digitais em processos industriais. Tem como princípios conectar máquinas, sistemas, produtos e pessoas, criando redes inteligentes em toda linha de produção com autonomia no comando de todos os processos através de sistemas cyber-físicos e dispositivos interconectados, que se comunicam entre si e com os humanos em tempo real. Nesse novo conceito, os processos da fábrica são todos inteligentes e integrados entre si.

Vemos que estes intervalos vêm diminuindo, inaugurando uma nova era, ainda em transição, cujo maior protagonista é a Internet, que já está consolidada entre as pessoas como um grande canal de comunicação convergente de todas as tecnologias, agora sendo colocado dentro da indústria com seus conceitos, adaptados a máquinas e equipamentos (VENTURELLI, 2017, p.1).

3.1 Os fundamentos da Indústria 4.0

A evolução na indústria promoveu o desenvolvimento de sistemas de produção inteligentes, unindo tecnologias físicas e digitais e a integração de todas as etapas do desenvolvimento de um produto ou processo e impactando positivamente na eficiência e aumento da produtividade. De acordo com ESSS (2017), algumas bases tecnológicas e digitais se evidenciam na Indústria 4.0:

a) Operação em tempo real: Capacidade de coletar dados e trabalhar essas informações de maneira instantânea, promovendo a melhor tomada de decisão;

b) Virtualização: uma cópia virtual das fabricas inteligentes, permitindo a rastreabilidade e monitoramento remoto;

c) Descentralização: procedimentos da linha de produção contêm informação sobre seu fluxo de trabalho, de modo que guiem seus operadores e também possibilitem a tomada de decisões de maneira remota;

d) Orientação a serviços: softwares arquitetados com o conceito de Internet de Serviços;

e) Modularidade: produção de acordo com a demanda, acoplamento e desacoplamento de módulos na produção. Flexibilidade e facilidade para alterar as tarefas das máquinas;

f) Interoperabilidade: capacidade dos sistemas cyber-físicos e reais conversarem e interagirem um com o outro por meio da internet.

3.2 Principais tecnologias atreladas à Indústria 4.0

A Indústria 4.0 sempre vem acompanhada de alguns conceitos importantes e característicos que influenciam as novas indústrias em suas maneiras de ser e agir. Segundo GoEPIK (2013) estes são os conceitos:

INTERNET DAS COISAS (IOT)

Internet das Coisas (IoT) é uma rede de objetos físicos, ambientes, máquinas e outros itens utilizados no dia a dia conectados por meio de dispositivos eletrônicos, como computadores e smartphones, que permitem a coleta e a troca de dados em tempo real. Esses sistemas são denominados cyber-físicos (sistemas virtuais que controlam o mundo real) e são a base da Indústria 4.0.

INTERNET DE SERVIÇOS (IOS)

Consiste nas informações estratégicas advindas de dispositivos conectados à internet, que são compartilhadas com empresas para direcionarem suas linhas de produção e atuação no mercado.

MACHINE LEARNING

Método de análise de dados, que apresenta insights e informações importantes para a linha de produção em tempo real – uma espécie de manutenção preditiva.

BIG DATA

É um imenso volume de dados, estruturados ou não, que são gerados a cada segundo e impactam o dia a dia de um negócio. Seu diferencial está na oportunidade de cruzar esses dados por meio de diversas fontes em tempo real para obter informações relevantes para a empresa e seu desenvolvimento.

COMPUTAÇÃO EM NUVEM (CLOUD COMPUTING)

Possibilidade de acessar arquivos e informações e de executar diversas atividades de forma remota, desde que se possua uma conexão com internet. Todos os dados ficam armazenados em uma rede e não mais em apenas um aparelho específico.

REALIDADE VIRTUAL

A Realidade Virtual é uma tecnologia de interface, que permite, por meio de um sistema virtual, que o ser humano imerja completamente em um ambiente simulado 100% virtual, interagindo ou não com os acontecimentos virtuais.

REALIDADE AUMENTADA

Permite a união entre o mundo virtual e físico. Essa tecnologia projeta informações no mundo real. Por meio de um dispositivo, como smartphone, tablet ou óculos de realidade aumentada, o ser humano consegue enxergar e interagir com elementos virtuais que estão inseridos à sua visão real.

ROBÔS AUTÔNOMOS

O robô da Indústria 4.0 tem a capacidade de trabalhar sem a supervisão humana, agindo de forma inteligente, cooperativa e autônoma. A principal vantagem da utilização de robôs autônomos é a redução de custos com mão-de-obra e o aumento da produção.

IMPRESSÃO 3D

Utiliza materiais específicos para a construção de novas peças, constituindo uma montagem completa. A impressoras 3D para diversos tipos de materiais, como plástico e metal, entre outros.

Enfim, passamos para uma nova realidade. As mudanças na indústria vêm tomando novos rumos e suas novas características são desenhadas pelas grandes inovações tecnológicas.

A incorporação da digitalização à atividade industrial resultou no conceito de Indústria 4.0, em referência ao que seria a 4ª revolução industrial, caracterizada pela integração e controle da produção a partir de sensores e equipamentos conectados em rede e da fusão do mundo real com o virtual, criando os chamados sistemas ciberfísicos e viabilizando o emprego da inteligência artificial (CNI, 2016, p.11).

Suas expectativas de futuro na indústria de acordo com Senai (2017) são o ganho de produtividade, manufatura enxuta, personalização em escala sem precedentes, redução de custos, aumento de transparência, redução de erros, economia de energia, conservação ambiental, redução dos desperdícios e qualidade de vida.

3.3 Indústria 4.0 no Brasil

No Brasil, como em qualquer outro lugar, está repleto de desafios e paradigmas a serem rompidos na indústria. Em momentos de crise econômica, isso se torna-se ainda mais evidente.

“Apesar disto, os dados apontam a quarta revolução industrial como uma oportunidade para o país”. (BRASIL, 2018, p. 5). Também indica que o Brasil tem perfil para melhorar seu potencial para o futuro da indústria.

O desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil envolve desafios que vão desde os investimentos em equipamentos que incorporem essas tecnologias, à adaptação de layouts, adaptação de processos e das formas de relacionamento entre empresas ao longo da cadeia produtiva, criação de novas especialidades e desenvolvimento de competências, entre outras. O cruzamento de informações que permite conectar o pedido de compra, a produção e a distribuição de forma autônoma, sem que pessoas precisem tomar decisões a todo o momento, por exemplo, exigirá novas formas de gestão e engenharia em toda a cadeia produtiva (CNI, 2016, p.15).

De acordo com Brasil (2018), para que os avanços da indústria no Brasil sejam possíveis, foram criadas estratégias que possibilitassem o alinhamento entre indústria, empresas e políticas públicas. Dentre essas, vale destacar a Agenda Brasileira para a Indústria

4.0, que é resultado de amplo debate nesse setor produtivo brasileiro. Visando maior credibilidade e direcionamento dos rumos da Indústria 4.0 no Brasil, foram estruturadas medidas cujo objetivo é nortear os empresários brasileiros à transformação digital e ao futuro da indústria no país.

4 REALIDADE AUMENTADA

A Realidade Aumentada (RA) é produzida com auxílio da Realidade Virtual (RV) em uma junção dessas duas tecnologias. Como exemplo de funcionamento da RA, podemos posicionar um objeto real na frente de uma câmera, sendo este utilizado como marcador. A câmera capta a imagem e o software de Realidade Aumentada identifica a posição deste objeto, que será o objeto virtual que vai executar funções interagindo em tempo real com movimentos dos demais elementos reais. Toda essa atividade pode ser vista através de um monitor em sobreposição, como se ambos fossem um só mundo.

Para Gil (2014) a Realidade Aumentada é uma tecnologia nova em desenvolvimento, em termos de software e de hardware, cuja característica é a fusão do ambiente real com o ambiente virtual resultando na interação instantânea entre os dois.

De acordo com Espíndola e Eduardo (2008, p. 55) “a Realidade Aumentada irá unir objetos virtuais com o cenário real de manutenção, produzindo um ambiente único, sobreposto ao ambiente físico”.

Apesar da RA ser uma tecnologia criada há décadas, seu desenvolvimento e evolução foi possível há pouco tempo.

O que antes se restringia a computadores de grande porte e a aplicações de computação gráfica, foi atualmente expandido para microcomputadores, plataformas móveis e Internet, envolvendo aplicações gráficas, sonoras, gestuais e de reação de tato e força (RIBEIRO; ZORZAL, 2011, p. 11).

As transformações com o advento da RA são inúmeras. Muitos processos e modelos nunca atingidos são possíveis nos dias de hoje, tais como sobreposição do real com inovações virtuais, simulações em cirurgias, aeronaves, carros, máquinas, equipamentos, produtos, jogos, educação, laboratórios, marketing, entre outros.

Para Cardoso, Lamounier Júnior e Barcelos (2014) os modelos computacionais em Realidade Virtual (2D ou 3D) de edificações, máquinas, equipamentos, partes do corpo humano, motores são manipulados de forma estática, pouco atrativo e didático. Todavia, com a Realidade Aumentada isso pode ser aplicado de modo motivador e trazer um novo aprendizado desses domínios.

Algumas empresas investem em Realidade Aumentada no intuito de disponibilizar ao seu cliente outra maneira para fazer teste de seus produtos. Esse processo ocorre através de aplicativos que levam o produto virtualmente dentro da casa de seus clientes para que estes possam fazer a escolha mais adequada de móveis e objetos em geral, até mesmo com demonstração virtual do produto final.

Outras empresas investem em entretenimento e atrativos populares, como é o caso dos filtros de Instagram e Snapchat, além de jogos como Pokemon GO e alguns jogos do Kinect.

Existem inúmeras possibilidades envolvendo a RA, assim como o uso de óculos especiais ou monitores - que criam imagens interativas entre ambientes virtuais e reais e têm uma infinidade de variações em sua utilidade, tais como entretenimento, manutenção,

produção, marketing, simulações, design de produtos, educação continuada, entre outras. A RA também pode ser usada em grupos de pessoas através dos seus smartphones ou mesmo por monitores.

“Realidade Aumentada (RA) na última década aumentou a popularidade em várias áreas, como educação, publicidade, manutenção, marketing e entretenimento” (RAMIREZ et al., 2013, p.189).

5 METODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho, foram realizados dois tipos de pesquisa: a bibliográfica e a descritiva. A pesquisa bibliográfica, definida por Severino (2007) como “aquela que se realiza a partir do registro disponível, decorrente de pesquisas anteriores, em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc.”, foi utilizada para o levantamento de informações acerca do que já foi publicado sobre o tema (uso da Realidade Aumentada e seus benefícios na Indústria 4.0) e colocar em diálogo diferentes ideias, conceitos e contribuições teóricas em uma abordagem de caráter qualitativo.

Para seleção dos artigos foram utilizadas as bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO) e ScienceDirect, procurando-se manter o âmbito da pesquisa e minimizar possíveis vieses nessa etapa de elaboração da revisão.

Os filtros aplicados inicialmente durante a pesquisa foram: artigos nacionais disponíveis nas bases de dados descritas acima, no período de 2008 a 2018. Para manter a coerência na busca foram utilizadas as palavras-chave: Realidade Aumentada, Indústria 4.0 e manutenção.

A etapa subsequente a pesquisa incluiu a apresentação dos resultados e a conclusão desse presente estudo, permitindo atingir o objetivo proposto inicialmente.

6 USOS DA REALIDADE AUMENTADA NA INDÚSTRIA

Na indústria essa ferramenta foi aprimorada para várias áreas, desde produção até treinamento e marketing. Para Freitas e Ruschel (2010) gerar sensações, antecipar eventos, otimizar processos, dentre outros aspectos, torna a Realidade Aumentada uma grande promessa para vários tipos de indústria.

Desde o início de 1990, vários protótipos RA já demonstraram sua relevância e eficiência na diminuição do risco de acidentes, o que evidencia o seu potencial na implementação de manutenção.

Na área da manutenção e educação especialmente estamos pesquisando os benefícios do uso de Realidade Aumentada nos traz, e nós descobrimos que a transferência de conhecimento é mais rápida do que os métodos tradicionais, e ajuda às empresas para treinar seus funcionários mais rápido e melhor (RAMIREZ et al., 2013, p.189).

Em uma matéria realizada, Tozetto (2017) mostra os usos e benefícios da RA em indústrias como a Natura, onde essa tecnologia mudou a rotina dos operadores no processo de fabricação de cosméticos. Ao invés de consultarem manuais para fazer a manutenção, eles passaram, simplesmente, a abrir um aplicativo e escanear um adesivo, onde, instantaneamente, começam a receber as orientações de como uma peça deve ser trocada.

Outras fábricas como a *Renault*, que utilizava como parâmetros esta mesma matéria, também já usam a Realidade Aumentada. Quando há dificuldades para o operador consertar uma máquina, ele utiliza óculos especiais para visualizar com olhos de um especialista. Essa montadora ainda experimentou o recurso de RA num evento de prevenção de acidentes, onde seus funcionários andavam pela fábrica com um celular na mão e interagiam com os equipamentos de proteção exigidos em cada setor.

Em outros setores de indústrias, como é o caso das automobilísticas, simulações utilizando os conceitos de RV e RA trazem benefícios na construção de motores, auxílio no reparo e manutenção dos automóveis e até mesmo na demonstração de seus veículos (CARDOSO; LAMOUNIER JÚNIOR; BARCELOS, 2014, p.3).

Para Cardoso, Lamounier Júnior e Barcelos (2014), um exemplo de seu uso na indústria automobilística é a empresa *Squartz Technologies*, especialista em soluções de Realidade Aumentada que idealizou o catálogo de carros da *Citroën*.

Para Nee e Ong (2013), no ramo da indústria automobilística a RA é utilizada para design de interiores ou em carrocerias de automóveis reais, tudo de modo interativo para avaliar e alterar formas, cores, texturas, bem como promover interfaces com usuários a fim de melhorar a característica do produto.

No estudo da CNI (2016) verificamos que a Embraer faz um treinamento que engloba um simulado de testes antes das aeronaves serem utilizadas. Com isso, os defeitos detectados com o avião no ar foram antecipados e resolvidos ainda na fase de simulação. Ainda nesse estudo é explicado que na linha de montagem dessa mesma indústria os operários usam computadores e tablets com tecnologia de Realidade Aumentada, verificando-se que o uso da RA reduziu o tempo de montagem em 25%.

Pesquisadores nas indústrias, institutos acadêmicos e universidades em todo o mundo vêm explorando o uso da tecnologia RA para enfrentar alguns problemas complexos em mecânica de montagem (NEE; ONG, 2013).

No ramo da indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), o estudo de Freitas e Ruschel (2010) analisou o uso de RA no Brasil e concluiu que existe viabilidade de uso de RA oferecendo novas oportunidades para AEC, aliado também às tecnologias, porém ainda necessita de continuidade e aprofundamento das pesquisas nesta área.

Considerando que as indústrias visam sempre o aumento de produtividade e a redução de custos, elas aprimoram constantemente suas técnicas. Algumas dessas técnicas de produção foram avaliadas após a implantação da Realidade Aumentada na produção. Como exemplo, temos o estudo realizado por Gil (2014), o qual avalia que na Indústria em geral a Realidade Aumentada terá um grande impacto na Filosofia *Lean Manufacturing* – mais conhecida como Sistema Toyota de Produção e que visa a redução de desperdícios através de processos como 5S, *Poka-Yoke*, *Heijunka*, *Total Productive Maintenance* (TPM) - encurtando o tempo na manutenção, na mudança de peças e facilitando o aconselhamento contínuo aos colaboradores.

A Realidade Aumentada irá unir objetos virtuais com o cenário real de manutenção, produzindo um ambiente único, sobreposto ao ambiente físico. Desta forma a análise, a interação com gráficos e a exploração de aspectos cognitivos, relatados com a compreensão da informação, facilitam as tarefas de manutenção e a tomada de decisão. (ESPÍNDOLA; EDUARDO, 2008, p. 55).

Conforme Gil (2014), através da interação do utilizador com a RA são assimilados os conhecimentos mais rapidamente e sem erros, pois o mesmo só cumpre uma tarefa depois de ver a mesma exemplificada pela RA. Dessa forma, evitam-se erros fazendo a efetivação do método *Poka-Yoke*, o qual promove a detecção precoce de peças defeituosas e permite perceber se uma peça está de acordo com o projeto.

Espíndola e Eduardo (2008) realizaram um projeto em andamento para a integração de recursos de RA em um sistema de manutenção inteligente, onde observou-se que o auxílio dos recursos de RA é uma alternativa de baixo custo onde os ganhos de sua utilização representam uma vantagem competitiva em qualquer que seja o sistema de manutenção utilizado.

De acordo com estudo realizado por Tatic e Tesic (2017), os trabalhadores não seguem adequadamente os manuais escritos ou os negligenciam por vários motivos, expondo-se a riscos. Mesmo os trabalhadores mais experientes podem cometer erros devido a monotonia do trabalho e esquecimentos. Nesses casos, as informações audiovisuais fornecidas por manuais à base de RA combinados com verificação interativa dos passos a serem realizados podem evitar tais situações. Para tanto, implementaram nesse estudo uma ferramenta baseada na RA destinada a aplicação em processos industriais para garantir a correta realização dos procedimentos de produção ou de manutenção e aumentar a segurança no trabalho. Assim sendo, caso a solicitação não seja atendida ou mal executada pelo trabalhador, ele é obrigado a retornar no passo anterior até que a ação de segurança exigida seja obedecida.

Em outro estudo realizado por Fiorentino et al. (2014), com 14 participantes estudantes da engenharia, a maioria sem conhecimento em manutenção de motos e todos novatos para sistemas de orientação de manutenção com RA, foram divididos entre Instruções de papel e RA, sendo que sete deles realizando pela primeira vez o modo de papel e, em seguida, o modo aumentada, e os outros sete vice-versa. Foram orientados para concluir cada tarefa o mais rápido e mais preciso possível na manutenção de motor de uma moto Honda CBR 600. Foram familiarizados com o sistema durante 10 minutos antes do teste afim de reduzir qualquer efeito sobre as habilidades em lidar com ferramentas para manutenção. Este estudo tem como resultado a superioridade da tecnologia RA na manutenção, pois favorece: empregar operadores menos qualificados; diminuição do tempo; redução de custos; redução da taxa de erros; menos necessidade de texto; conhecimento além das pessoas; e nível de informação pode ser adaptado às habilidades do usuário. Também mostra que orientação da tarefa de manutenção com RA tem melhores resultado quando comparadas às instruções tradicionais de papel, em todas as tarefas examinadas.

De acordo com Ramirez et al. (2013), foi proposta uma ferramenta para a manutenção em RA que visualiza o processo de manutenção, permite download de novos conteúdos e também grava o desempenho dos técnicos, além de permitir chamadas de vídeo com o especialista para ter apoio, com formulação de perícia, cujos objetivos são melhorar a manutenção das empresas para reduzir custos. Todavia o projeto ainda está em andamento e pretende ser testado.

Verificou-se em estudo de Mourtzis, Zogopoulos e Vlachou (2017) que a indústria está mudando seu foco de produtos para o ecossistema combinado de sistemas de serviços e produtos. Para tanto, foi desenvolvido um sistema inovador orientado pelo serviço em nuvem implementando à RA para manutenção remota, permitindo a cooperação entre o técnico local e o fabricante, ou seja, permite telessuporte de manutenção através de cenas de RA. Nesse sistema de algoritmos de montagem e desmontagem inteligentes há métodos para o registro

do mau funcionamento por parte do usuário de modo a fornecer instruções em um aplicativo de RA para a manutenção, bem como a plataforma baseada em nuvem que permitem sua comunicação e a troca de informações. Com isso, foi possível reduzir as ações e conhecimentos exigidos pelo engenheiro para criar as instruções de sequência de serviço que podem ser facilmente percebidos pelos técnicos menos experientes. Além disso, através da abordagem remota o tempo de manutenção necessário e custo é muito reduzido. Eles sugerem que as empresas de fabricação possam fornecer manutenção remota como um serviço, aumentando a satisfação de seus clientes e oferecendo soluções de valor agregado.

Nee e Ong (2013), que em seu estudo analisam pesquisas acadêmicas sobre aplicações (design de produto, robótica, planejamento de layout, manutenção, simulação de usinagem e planejamento de montagem) em RA na indústria, afirmam que é possível encontrar uma nova aplicação para RA quase que diariamente, pela sua característica de fornecer alta intuição ao usuário e uma facilidade relativa de implementação. Para eles, as aplicações em RA na fabricação são relativamente novas em comparação com aplicações sociais e de entretenimento, merecendo um cuidado maior aos trabalhadores da indústria, pois, ao contrário dos jogos em RA, estão propensos a ficar muito tempo sob tensão e sem interrupção em seus trabalhos.

[...]usuários de engenharia estão propensos a gastar uma quantidade considerável de tempo usando o sistema em seus postos de trabalho, e é aí que a ergonomia, fatores humanos e tensão cognitiva sobre os usuários devem ser bem reconhecido e atendidos (NEE et al., 2012, p. 675 e 676).

Ainda para Nee e Ong (2013), aplicações em RA são relevantes para a indústria, embora a maioria delas ainda estejam em fase experimental. Apesar disso, concordam com os demais estudos que a RA pode ser utilizada para melhorar as atividades de manutenção e que ela fornece melhor abordagem das informações em relação ao uso de manuais em papel ou computadores, bem como pode melhorar o fluxo de trabalho nas operações de manutenção. No entanto, ele afirma nessa pesquisa que nenhum sistema de RA foi comprovado como bem aceito na indústria, pois dependem de detalhes das instruções de manutenção que podem variar de acordo com a experiência individual dos técnicos; as informações de manutenção nem sempre são editáveis, necessitam de ferramentas de colaboração adequadas para permitir que peritos remotos possam criar instruções baseadas em RA; necessita também de uma ferramenta de criação de conteúdo de manutenção dinâmica com a RA mesmo quando se está sem internet ou apenas no local. Em contrapartida, afirmam que a tecnologia de RA pode reduzir o alto custo de ambientes de Realidade Virtual, tanto em termos de preparação quanto em tempo de computação. Também concordam com os demais estudos que a RA aumenta a interação entre os sistemas e os usuários e que essa tecnologia é uma das soluções mais promissoras para facilitar os processos de montagem mecânica.

Masoni et al. (2017) realizaram um estudo em que apresentaram uma solução em RA por aplicativo que permite conectar remotamente um operador qualificado na sala de controle com um não qualificado disposto, onde a tarefa de manutenção tem de ser realizada. Analisaram também que as limitações de software e hardware e uso inadequado dessa tecnologia são as suas principais limitações para uso em geral, e acreditam que o resultado mais importante no segundo teste de seu protótipo foi obtida através da interação com os usuários finais e que sua pesquisa e desenvolvimento ainda estão em andamento para evoluir à ferramenta industrial.

Em um estudo experimental realizado por Aschenbrenner et al. (2016), baseado em análise remota de cenários de manutenção visando a detecção de falhas e otimização de processos sem deslocamento de funcionários para o local da produção, foi apresentada uma arquitetura móvel RA com um tablet e um sistema de localização de alta precisão, onde especialistas remotos podem caminhar ao redor da planta virtual para entender o processo de produção e do contexto da máquina. Nesse estudo, comparou-se a plataforma RA com outros que utilizam RA e vídeo. Como resultado obtiveram uma superioridade significativa dos sistemas de RA, porém acreditam que a usabilidade deste sistema deve ser melhor avaliada. Em algumas tarefas, a superioridade do sistema de RA não pôde ser significativamente comprovada.

No artigo de Novak-Marcincin et al. (2013) verificou-se que uma nova atitude em imagem de ambiente de trabalho combinados fornece as vantagens pela exibição dos objetos RA diretamente na visão de trabalho do usuário com movimento livre e conforto do usuário sem uso de dispositivo de hardware conectado ao usuário.

Jetter, Eimecke e Rese (2018), em seu estudo, avaliam os indicadores de desempenho que são capazes de aferir o impacto do uso de ferramentas RA na indústria de manutenção automotiva. Através de uma ampla revisão na literatura, avaliaram os benefícios da RA para várias aplicações industriais (design, educação e formação), onde foram extraídos e avaliados pelos especialistas da indústria automotiva. Para tanto, foram usados com os usuários indicadores antes e após situações de treinamento em um estudo empírico baseado no modelo de aceitação de tecnologia. Nesse estudo foi confirmado o papel positivo dos indicadores na percepção dos usuários ao usar o aplicativo RA industrial. No entanto, os usuários não foram completamente convencidos dos benefícios. Verificou-se também que a dependência sobre esta tecnologia deve ser relevada. No setor industrial, os óculos que utilizam atualmente e fones de ouvido ainda não são adequados para uso contínuo e em ambientes de trabalho pesado. São necessárias ferramentas de visualização RA confortáveis e acessíveis. O papel de liderança pode apoiar o uso ecológico de aplicações de RA no ambiente de trabalho.

Erkoyuncu et al. (2017), em estudo experimental, avaliaram a eficiência de operação de manutenção industrial através de técnica baseada em RA que se adapta ao nível de habilidade dos técnicos sem a necessidade do conhecimento prévio dela, onde verificou-se redução do tempo de conclusão e diminuição de erros nas atividades. Dessa maneira aumentou a eficiência da manutenção, porém ressaltou a necessidade de mais estudos.

Doze participantes foram selecionados para o estudo de Syberfeldt et al. (2015) na montagem de quebra-cabeças, todos da área de engenharia, mas sem nenhuma experiência anterior de fabricação industrial, montagem ou em RA. Foram selecionados de maneira aleatória e separados posteriormente. Metade utilizou instruções pelo sistema de RA e a outra metade usou somente uma instrução de papel tradicional. Como resultado, os autores notaram que para valer a pena e ter significado o uso da ferramenta de RA, é necessário: preferencialmente, que a tarefa seja tão difícil a ponto de ser quase impossível de se completar sem o sistema de RA; deve, no mínimo, garantir maior eficiência; ser um sistema sem falhas e vantajoso. Ainda acreditam que mais estudos sobre RA seriam necessários para complementação.

Analisando mais estudos sobre RA, suas aplicações e benefícios na indústria, Amo et al. (2018) desenvolveram um quadro de informações que permitiram a integração de RA em sistemas de manutenção existentes (diagnóstico, reparação e análise). Resultados indicam

que essa estrutura ajuda a integrar RA em sistemas de manutenção. No entanto, mais pesquisas são necessárias sobre o RA, a fim de melhorar as operações de manutenção.

Palmarini et al. (2018) mostram, em revisão sistemática da literatura, o estado atual da RA na manutenção e as limitações técnicas mais relevantes. Em geral, a RA ainda não está madura para cumprir com os requisitos industriais de robustez e confiabilidade, necessitando evoluir para maior conforto e potência. Verificou-se que não há arquitetura ou normas comuns a aplicar para RA na manutenção, ainda há uma série de áreas que necessitam de melhorias, porém está perto de implantar o seu pleno potencial.

A implementação de elementos de RA nas áreas de praxes técnico ligados ao campo das tecnologias de produção pode ser melhorada ao nível satisfatório com cada desenvolvimento e aperfeiçoamento de qualquer fator desses processos (NOVAK-MARCINCIN et al., 2013, p. 30).

Com tudo isso, verificamos que ainda há muito o que se explorar da Realidade Aumentada na indústria, e que também com pouco tempo em uso nessa nova fase de aprimoramento já traz grandes benefícios na indústria de um modo geral.

Estudos AR em manutenção mostram resultados promissores na melhoria do desempenho humano na realização de tarefas de manutenção técnica, improvisação na administração das operações de manutenção e suporte gerencial tomada de decisão de manutenção (PALMARINI et al., 2018, p. 226).

No Brasil, novas tecnologias e novas formas de fazê-las estão em desenvolvimento. Sendo assim, não seria de se estranhar o movimento da RA expandindo a indústria na versão de plataforma digital, como é o caso da GoEpick, empresa que inovou ao introduzir a Realidade Aumentada dentro da fábrica inspirada em metodologias de produção já conhecidas na indústria e que tem por objetivo promover soluções rápidas, aumento da produtividade e autonomia, bem como evitar desperdício, erros e acidentes. Esta, no Brasil, já é conhecida como uma das mais atraentes Startups para empresas em 2017.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi verificado que há muitas possibilidades da RA na indústria e pode-se resumir seus usos da seguinte forma:

- a) Aplicação de suporte para os funcionários na fabricação, ensino e manutenção de produtos em tempo real, auxiliando-os com problemas técnicos e de manutenção, orientados através de instruções rápidas e precisas para diminuição de erros, que podem acontecer a nível local e/ou de maneira remota;
- b) Aplicação em instruções de segurança de trabalho disponível em qualquer lugar dentro da empresa pensando em seus funcionários e no bem-estar de todos, tudo em tempo real;
- c) Aplicação para os clientes, gerando sensações positivas e atrativas em relação aos produtos ou possibilitando sua personalização;
- d) Aplicação para melhorar designer de produtos, maior clareza em modelos gráficos computacionais;
- e) Aplicação para simulação.

Ainda pode haver muitas outras maneiras para aplicar a Realidade Aumentada, basta o desenvolvimento de um software estar voltado para as necessidades reais de cada fábrica e tudo pode ser personalizado.

Foi visto que RA é utilizada na Indústria 4.0 em vários setores (marketing, vendas, motivação, educação continuada, simulação, manutenção, controle, treinamento, fabricação) e, com isso, seus benefícios para a indústria são:

- a) Resolução de problemas antes, durante e após o processo de fabricação;
- b) Redução de erros, possibilidade de erros rápidos com revisão de processos e readequação de processos de maneira ultrarrápida;
- c) Simulação, repetir e corrigir erros que não seriam toleráveis em ambiente real;
- d) Redução de custos;
- e) Aumento da produção;
- f) Otimização de tempo;
- g) Facilitação de processos;
- h) Aumento segurança;
- i) Aumento no interesse do cliente nos produtos (pelo designer, comodidade, conforto, facilidade, interação diferenciada e positiva dos clientes com produtos);
- j) Uso de mão de obra menos qualificada, pois o nível de informação pode ser adaptado às habilidades do usuário.

8 CONCLUSÃO

Assim sendo, a Realidade Aumentada, além de contribuir com a Indústria 4.0, ainda caminha alinhada com suas expectativas.

Nesse trabalho também ficou evidenciada que a RA é uma tecnologia emergente que deve ser cada vez mais explorada, estudada e aplicada, pois eleva o nível dos processos industriais. Porém deve-se ter cuidado em relação à saúde e ergonomia do trabalhador da indústria em alguns aspectos, à exemplo o tempo de exposição do trabalhador à RA.

Como toda e qualquer tecnologia, a RA possui aspectos positivos e negativos, cabendo àqueles que forem utilizá-la ter a capacidade de avaliação para definir as finalidades e usos dela conforme as situações que forem surgindo.

Outro aspecto relevante observado foi, que além de permitir a otimização dos processos e, conseqüentemente, o aumento da produção que beneficia todos os setores envolvidos, a RA contribui para que as indústrias compreendam melhor as necessidades e as individualidades de seus clientes e ofereçam um serviço personalizado que estreite as relações entre ambos.

Considerando que esse trabalho foi fundamentado essencialmente na revisão e análise de literatura, um estudo futuro poderia incluir uma pesquisa de campo que viesse a comprovar os argumentos aqui apresentados e evidenciar outros aspectos a serem estudados sob uma nova ótica.

REFERÊNCIAS

AMO, Iñigo Fernández del et al. Augmented reality in maintenance: an information-centred design framework. **Procedia Manufacturing**, [s.l.], v. 19, p. 148-155, 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2018.01.021>. Acesso em: 20 mar. 2018.

ASCHENBRENNER, Doris et al. ARTab - using virtual and augmented reality methods for an improved situation awareness for telemaintenance**funded by the Bavarian Ministry of Economic Affairs, Infrastructure, Transport and Technology in its R&D program 'Bayern digital'. **Ifac-papersonline**, [s.l.], v. 49, n. 30, p. 204-209, 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.11.168>. Acesso em: 20 mar. 2018.

BRASIL. Ministério da Indústria Comércio Exterior e Serviços. ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Agenda brasileira para Indústria 4.0: o Brasil preparado para os desafios do futuro**. Brasil - Governo Federal, 2018. Disponível em: <http://industria40.gov.br/>. Acesso em: 14 abr. 2018.

BOETTCHER, Maicon. **Revolução Industrial: um pouco de história da Indústria 1.0 até a Indústria 4.0**. 26 nov. 2015. LinkedIn. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-um-pouco-de-hist%C3%B3ria-da-10-at%C3%A9-boettcher/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 12 mar. 2018.

BRITO, Alexandra Antônia Freitas de. A quarta revolução industrial e as perspectivas para o Brasil. 7. ed. São Paulo: **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, 2017. 6 p. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/administracao/quarta-revolucao-industrial?pdf=11314>. Acesso em: 10 mar. 2018.

CARDOSO, Alexandre; LAMOUNIER JÚNIOR, Edgard A.; BARCELOS, Mariana A. Ferramentas de apoio ao ensino de componentes de subestações de energia elétrica com uso de Realidade Virtual e Aumentada. 3. ed. São Paulo, **Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**, 2014. 8 p. Edição Temática: Tecnologia Aplicada.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI (Brasília). **Desafios para a Indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016. 34 p. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/>. Acesso em: 13 mar. 2018.

ERKOYUNCU, John Ahmet et al. Improving efficiency of industrial maintenance with context aware adaptive authoring in augmented reality. **Cirp Annals**, [s.l.], v. 66, n. 1, p. 465-468, 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.006>. Acesso em: 25 abr. 2018.

ESPÍNDOLA, Danúbia; EDUARDO, Carlos. **O uso de Realidade Aumentada em sistemas de manutenção inteligente**. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Computação – SBC, 2008. 58 p. Disponível em: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/svr/2008/007.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2018.

ENGINEERING SIMULATION AND SCIENTIFIC SOFTWARE - ESSS. **Os pilares da Indústria 4.0**. 2017. Disponível em: <https://www.esss.co/blog/os-pilares-da-industria-4-0/>. Acesso em: 04 maio 2018.

ESCOLA SENAI DE INFORMÁTICA. **SENAI São Paulo: o que é a Indústria 4.0?**. São Paulo: SENAI, 2017. 1 vídeo (4 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3ixQQ4elwm0>. Acesso em: 12 mar. 2018.

FIORENTINO, Michele et al. Augmented reality on large screen for interactive maintenance instructions. **Computers In Industry**, Bari, v. 65, n. 2, p. 270-278, fev. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361513002340?via=ihub#!>. Acesso em: 01 jun. 2018.

FREITAS, Márcia Regina de; RUSCHEL, Regina Coeli. **Aplicação de Realidade Virtual e aumentada em arquitetura**. 2. ed. Campinas: Arquiteturarevista, 2010. 9 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/273863061_Aplicacao_de_realidade_virtual_e_aumentada_em_arquitetura. Acesso em: 12 mar. 2018.

GIL, Paulo Jorge Brás dos Santos. **Impacto tecnológico da Realidade Aumentada na filosofia Lean Manufacturing**. Covilhã: Universidade da Beira Interior, 2014. 42 p. Disponível em: [https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/4146/1/dissertação Paulo Gil.pdf](https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/4146/1/dissertação%20Paulo%20Gil.pdf). Acesso em: 12 mar. 2018.

GoEPIK. Conheça as principais tecnologias da Indústria 4.0. **GoEPIK**. 09 jan. 2013. Disponível em: <https://www.goepik.com.br/conheca-as-principais-tecnologias-da-industria-40>. Acesso em: 20 abr. 2018.

JETTER, Jérôme; EIMECKE, Jörgen; RESE, Alexandra. Augmented reality tools for industrial applications: what are potential key performance indicators and who benefits? **Computers In Human Behavior**, [s.l.], v. 87, p. 18-33, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.054>. Acesso em: 04 maio 2018.

MASONI, Riccardo et al. Supporting remote maintenance in industry 4.0 through augmented reality. **Procedia Manufacturing**, Modena, v. 11, n. 1, p. 1296-1302, set. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.257>. Acesso em: 03 jun. 2018.

MOURTZIS, Dimitris; ZOGOPOULOS, Vasilios; VLACHOU, Ekaterini. Augmented reality application to support remote maintenance as a service in the robotics industry. **Elsevier**, Rio Patras, v. 50, n. 63, p. 46-51, dez. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318353574_Augmented_Reality_Application_to_Support_Remote_Maintenance_as_a_Service_in_the_Robotics_Industry. Acesso em: 29 maio 2018.

MOURTZIS, Dimitris; ZOGOPOULOS, Vasilios; VLACHOU, Ekaterini. Augmented reality supported product design towards industry 4.0: a teaching factory paradigm. **Procedia Manufacturing**, [s.l.], v. 23, p. 207-212, 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2018.04.018>. Acesso em: 30 maio 2018.

NEE, A.y.c. et al. Augmented reality applications in design and manufacturing. **Cirp Annals**, [s.l.], v. 61, n. 2, p. 657-679, 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2012.05.010>. Acesso em: 30 maio 2018.

NEE, A.y.c.; ONG, S.k.. Virtual and augmented reality applications in manufacturing. **Ifac Proceedings Volumes**, [s.l.], v. 46, n. 9, p. 15-26, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016342562>. Acesso em: 30 maio 2018.

NOVAK-MARCINCIN, Jozef et al. Augmented reality aided manufacturing. **Procedia Computer Science**, [s.l.], v. 25, p. 23-31, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705091301209X>. Acesso em: 18 maio 2018.

PALMARINI, Riccardo et al. A systematic review of augmented reality applications in maintenance. **Robotics and Computer-integrated Manufacturing**, [s.l.], v. 49, p.215-228, fev. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736584517300686>. Acesso em: 20 maio 2018.

RAMIREZ, Hector et al. Authoring software for augmented reality applications for the use of maintenance and training process. **Procedia Computer Science**, [s.l.], v. 25, p. 189-193, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050913012283>. Acesso em: 20 maio 2018.

RIBEIRO, S Marcos Wagner (org.). **Realidade Virtual e Aumentada: aplicações e tendências**. 13. ed. Uberlândia: SBC – Sociedade Brasileira de Computação, 2011. 151 p. Disponível em: http://www.de.ufpb.br/~labteve/publi/2011_svrps.pdf. Acesso em: 16 abr. 2018.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2007.

TATIC, Dusan; TESIC, Bojan. The application of augmented reality technologies for the improvement of occupational safety in an industrial environment. **Computers In Industry**, [s.l.], v. 85, p.1-10, fev. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361516302718>. Acesso em: 13 mar. 2018.

TOZETTO, Claudia. Realidade Aumentada chega à indústria: tecnologia, que ganhou fama com Pokémon Go, ajuda a orientar operadores de máquinas em fábricas de empresas como Natura e Renault. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 27 ago. 2017. Caderno Inovação. Disponível em: <http://link.estadao.com.br/noticias/inovacao,realidade-aumentada-chega-a-industria,70001951855>. Acesso em: 14 mar. 2018.

VENTURELLI, Márcio. Indústria 4.0: uma visão da automação industrial. **Automação industrial**, São Paulo, 02 jun. 2017. 1 p. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/>. Acesso em: 13 mar. 2018.

Sobre os autores:

ⁱ MARCELO PEREIRA DA SILVA



Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Faculdade Fundação Instituto Tecnológico de Osasco (2004). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Eletrônica. Atualmente é professor na Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI “Gaspar Ricardo Júnior”.

ⁱⁱ ERICK AKIRA UESUGUI



Bacharel em Biblioteconomia pela Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo (2021). Atualmente é bibliotecário na Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI “Gaspar Ricardo Júnior”.

ⁱⁱⁱ DANILO RODRIGUES ALMEIDA



Especialista em Instalações Elétricas Industriais, Comerciais e Residenciais. Atualmente é Coordenador de Atividades Técnicas na Escola SENAI “Santos Dumont”. Foi professor de Pós-Graduação na Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI “Gaspar Ricardo Júnior”.

^{iv} DANILO DE JESUS OLIVEIRA



Coordenador de Atividades Técnicas na Escola e Faculdade de Tecnologia SENAI “Gaspar Ricardo Júnior”. Possui graduação em Mecânica - Modalidade Processos de Produção pela Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (2006) e Mestrado em Ciência e Tecnologia de Materiais pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2011). Atualmente é aluno regular de Doutorado na Universidade Estadual de Campinas. Tem experiência na área de Engenharia de Mecânica, com ênfase em processos de Usinagem.

^v ARIANE DINIZ SILVA



Doutora em Educação na Universidade de Sorocaba (2017), Mestre em Educação na Universidade de Sorocaba (2012) e Graduada em Projetos Mecânicos pela Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (2007). Atualmente é professora da Universidade de Sorocaba e da Escola e Faculdade de Tecnologia “Gaspar Ricardo Júnior”.