

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
MBE EM MANUFATURA AVANÇADA**

TIAGO DA LUZ ORIVES

**REALIDADE AUMENTADA NA MANUTENÇÃO:
Um processo de colaboração**

**São Leopoldo
2019**

TIAGO DA LUZ ORIVES

REALIDADE AUMENTADA NA MANUTENÇÃO:

Um processo de colaboração

Artigo apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Manufatura Avançada, pelo Curso de MBE em Manufatura Avançada da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Rafael Kunst

São Leopoldo

2019

REALIDADE AUMENTADA NA MANUTENÇÃO:

Um processo de colaboração

AUGMENTED REALITY IN MAINTENANCE:

A collaboration process

Eng. Tiago da Luz Orives*

Prof. Dr. Rafael Kunst**

Resumo: Aumentar a eficiência industrial, reduzindo os tempos de produção por máquinas em manutenção corretiva é tema recorrente de discussão em qualquer organização. Utilizar-se de tecnologias como Realidade Aumentada (RA) para facilitar esse processo dentro de um conceito de manutenção colaborativa é uma alternativa para chegar a esse objetivo. Através da comparação de ferramentas de suporte remoto com e sem RA, e aplicação daquela que mais se adequa à necessidade da empresa utilizada como laboratório para este trabalho, buscou-se justificar a sua implantação, com a avaliação do grupo técnico que seriam clientes diretos do sistema. Dessa avaliação de características e resultados, sugere-se a aplicação da ferramenta que melhor atendeu aos requisitos, possibilitando a interação entre técnico local e remoto, com facilidade de uso e com características que não onerassem sua implantação e com custo justificável para o resultado esperado.

Palavras-chave: Realidade Aumentada. Manutenção Colaborativa. Assistência Remota.

Abstract: Improve the industrial efficiency, reducing machine stop times due to corrective maintenance is a recurrent discussion subject in any organization. The use of Augmented Reality (AR) along with collaborative maintenance is one of the alternatives to reach such goal. This project aims to justify the implementation of the best remote support tool based on a comparison among four existing systems with AR and three without AR, with technicians' validation. From the results, will be suggested the implementation of the system that fits better to the

* Engenheiro De Produção – Unisinos. Gerente de Produção na HT Micron Semicondutores. tiagoorives@gmail.com

** Doutor em Ciência da Computação. Atua na área de redes de computadores, com ênfase na utilização de técnicas de inteligência artificial para provimento de qualidade de serviço em redes sem fio. Também possui interesse em diversas aplicações de Internet das Coisas, como Indústria 4.0 e aplicações na área da saúde. rafaelkunst@unisinos.br

company needs, with interaction between local and remote technicians, friendly use and adequate cost for its main purpose.

Key words: Augmented Reality. Collaborative Maintenance. Remote Support.

1 INTRODUÇÃO

A realidade aumentada (RA) é o sistema capaz de alterar a realidade que se vê, incluindo elementos gráficos que sejam capazes de simular um elemento ou conjunto de elementos que não existem no mundo real (Azuma, 1997). Com ela, pode-se simular o funcionamento de sistemas internos a peças ou módulos que não podem ser vistos a olho nu, identificar ou apontar peças que não são facilmente distinguíveis em montagens complexas, sobrepor gráficos que podem facilitar o trabalho técnico de quem não tenha conhecimento específico sobre o que está visualizando, entre outros (Mohr et al., 2015).

Utilizando-se da característica dinâmica e abrangente de poder sobrepor elementos virtuais à realidade, observou-se que um dos campos de aplicação possível é a área de manutenção, de uma empresa com amplo parque de máquinas distintas, cujo suporte especializado está localizado em outros países. A dificuldade de acesso, o alto custo das visitas técnicas e o longo tempo necessário para a formação de um profissional local com o conhecimento necessário foram entradas que levaram ao estudo desse projeto.

Vários estudos utilizando RA já foram realizados, conforme descritos abaixo, aplicando em manutenções locais através do uso de *smart glasses* específicos com conexão a bases de dados que fornecem desenhos técnicos, *troubleshootings*, parâmetros e especificações. Softwares com os quais é possível comunicar-se com suporte técnico distante e interagir através da inclusão de elementos gráficos na imagem que o técnico está vendo. Treinamentos guiados à distância, onde os elementos reais são sobrepostos por virtuais, explodidos e com movimento que demonstram a sua função de forma simulada são exemplos desses estudos.

A *Bentley Advancing Infrastructure* é uma empresa líder mundial no fornecimento de soluções em *software* para engenharia, arquitetura, construção,

entre outros, e desenvolveu uma aplicação de RA para guiar processos de manutenção de utilidades (HOLOLENS, 2019). O sistema utiliza *smart glasses* para incluir elementos gráficos à realidade visualizada pelo operador. Ele pode ter acesso a checklists, instruções gráficas, desenhos, etc., que vão ajudá-lo na tarefa de manutenção. Aliado à RA, uma assistente virtual identifica comandos de voz, facilitando a tarefa de buscar os dados e atividades que devem ser realizadas.

A Bosch, referência mundial em tecnologia aplicada à eletrônica embarcada, tem uma ferramenta que também utiliza Hololens como visualizador da realidade aumentada para manutenção (BOSCH, 2019). Neste caso, a aplicação é para manutenção de veículos e vai além. Ela utiliza objetos 3D sobrepostos à realidade, em que se pode verificar as peças, sistemas e suas interações, além de identificar modelos, *part numbers*, e trazer para o usuário a possibilidade de acessar os manuais e desenhos técnicos do que se está realizando manutenção.

Seguindo o mesmo conceito a Re'flect, uma empresa focada no desenvolvimento de aplicações de RA para as mais diversas aplicações, também tem seus sistemas aplicados à manutenção. Como desenvolvedor de *software*, a empresa tem uma plataforma que possibilita ao cliente criar seu próprio sistema voltado ao seu produto com modelos 3D, animações, manuais técnicos, *checklists*, etc. (AUGMENTED, 2019). A partir dos modelos criados, o cliente pode utilizar a ferramenta com um dispositivo móvel para realizar manutenções, operações e treinamentos dos seus produtos.

Nessa nova realidade, os desafios da área de manutenção tornaram-se mais complexos, mas continuam sendo os mesmos: reduzir o tempo de equipamento parado, reduzir a mão-de-obra, reduzir custos de peças de reposição em estoque, aumentar a utilização do ativo. Partindo desses desafios e aplicando as tecnologias disponíveis, a solução pode estar na manutenção colaborativa. Assim, o objetivo deste estudo é comparar sistemas de suporte técnico remoto que implementam os conceitos de RA, para solucionar falhas com maior acuracidade e no menor tempo possível, utilizando a realidade aumentada para guiar o técnico nos procedimentos a serem executados, com interação em

tempo real com o suporte técnico que pode estar em outra localidade, acessível por Internet. A partir dos resultados obtidos na comparação proposta, será avaliada a aplicação de um sistema, focado na manutenção de equipamentos utilizados na produção de semicondutores, cuja principal concentração de conhecimento técnico está na Coreia do Sul, o que dificulta muito o contato e a interação para a resolução de problemas e treinamento.

O restante desse artigo está organizado da seguinte forma: na seção 2, será descrito o embasamento teórico necessário ao desenvolvimento do estudo. A seção 3 trará a metodologia utilizada, para avaliar os sistemas que aplicam RA na manutenção. Já a seção 4 demonstrará as etapas do desenvolvimento, explicitando o que foi feito e os resultados obtidos. Na última seção será feita a comparação, definindo qual a melhor opção para aplicação na empresa definida, com base nos resultados obtidos durante as práticas.

2 REALIDADE AUMENTADA

A RA comumente tem seu significado atrelado à Realidade Virtual ou *Virtual Reality* (VR). Entretanto, elas se distinguem por um simples fator: na VR o usuário está imerso em um ambiente totalmente artificial, enquanto na RA, imagens, animadas ou estáticas, se sobrepõem à realidade que o usuário está visualizando. A RA é capaz de ampliar a interação e percepção do usuário com o mundo real, com objetos que não seriam possíveis de serem vistos com seus próprios sentidos (AZUMA, R., 1997).

Para Al-Azawi and Shakkah (2018), a aplicação da RA “aumenta a motivação, a colaboração, o engajamento e o interesse” pelo aprendizado, através da aplicação da tecnologia. Encorajar o seu uso em diversas aplicações, facilitado pelo fácil acesso aos aparelhos móveis, principalmente o celular, é um objetivo que deve ser buscado.

A aplicação da RA cria um ambiente interativo onde a realidade e o artificial coexistem, simulando situações ou elementos físicos que podem ser utilizados de diversas formas. Patil et al. (2016) definem RA como uma

sobreposição de objetos do mundo real com ilustrações de um mundo criado por computador, com o objetivo de aumentar a percepção de realidade.

Para Specht et al. 2011, tornar coisas que seriam invisíveis no mundo real em visíveis usando ferramentas digitais é também uma definição para RA. Ela é capaz de intensificar os principais sentidos humanos como visão, audição e tato. Besnea et al. (2018), ressaltam que apesar da RA ser estudada há muito tempo, se tornou uma tecnologia presente em muitos estudos e aplicações práticas graças à evolução dos dispositivos móveis, com grande poder de processamento, entregando a performance necessária para o uso desse recurso.

Os smartphones e demais dispositivos móveis, se tornam um habilitador importante para a RA já que reúnem um conjunto de sensores, capacidade de processamento e armazenamento, além do acesso à internet. Ele viabiliza uma interação fácil e de baixo custo para a aplicação dessa tecnologia. (Azuma et al., 2004.)

Wang et al., 2019, destacam que a colaboração remota é uma das aplicações da RA. Segundo eles, é possível aumentar a consciência sobre a situação visualizada com o uso dessa tecnologia, facilitando o entendimento e consequentemente gerando uma interação de sucesso.

Uma das aplicações do RA móvel é nas tarefas de manutenção, sejam elas corretivas, preventivas ou preditivas. Ela é aliada dos técnicos para aumentar a eficiência, a velocidade e a acuracidade da execução de uma tarefa. Destacam-se os de fácil utilização, que não interferem ou limitam a mobilidade e ação do profissional, como os dispositivos vestíveis. São elementos que podem disponibilizar informações técnicas em tempo real e que possibilitam a interação com bases de dados ou outros profissionais (KLUGE, A. e TERMER, A. 2017).

Mesmo dispondo de ferramentas avançadas de simulação, o conhecimento técnico de um profissional experiente tem grande valia nesse processo. Nesse momento a manutenção colaborativa traz como benefício a redução dos tempos das atividades de manutenção, aumenta a qualidade do serviço, reduz perdas de material fazendo certo da primeira vez, aumenta produtividade e reduz os custos (PAPA, G. et al., 2016).

3 METODOLOGIA

Esse artigo será desenvolvido a partir da comparação sistemática e criteriosa entre ferramentas distintas de suporte técnico remoto usando ou não RA. A avaliação se dará com base nos aspectos preponderantes de cada sistema, como interação: capacidade do sistema de propiciar a interação entre os participantes da conferência; recursos disponíveis: possibilidade de reconhecer imagens, gravar vídeos, tirar fotos, enviar arquivos; escalabilidade: possibilidade de agregar novas funções de acordo com a necessidade do uso; tecnologias que aumentem a autonomia: projeção de imagens, documentos técnicos, comando por voz; facilidade de uso: sistema que seja prático de interagir, realizar ajustes, incluir ou excluir usuários; custo de implantação: menor custo possível por usuário para que possa ter grande abrangência e ser aplicado nas mais diversas situações.

Após a avaliação das ferramentas pesquisadas quanto às suas características, ocorrerá a implantação real em uma indústria de semicondutores daquela ferramenta que mais se adequa à necessidade da empresa com o objetivo de validar sua eficiência como ferramenta de suporte remoto. A aplicação se dará simulando uma situação de manutenção comum, em que a interação do técnico de manutenção com um suporte técnico externo é necessária para a resolução de um problema crítico, situação essa que sem o uso do recurso seria necessário o deslocamento de um especialista para sua solução.

Para que haja real justificativa para a implantação desse tipo de sistema, serão entrevistados sete técnicos de manutenção quanto aos principais problemas com os quais se deparam quando necessitam realizar uma manutenção, não tendo conhecimento profundo do equipamento e acabam precisando de um suporte externo. Tal entrevista será realizada antes e depois do teste das ferramentas, com o objetivo de mensurar quanto ela poderá colaborar com esse processo de interação com suporte externo e se entendem que poderão aderir ao uso da ferramenta para otimização de suas tarefas pelo compartilhamento de informações ao vivo.

As entrevistas focaram em três aspectos básicos: eficácia na solução do problema no menor tempo possível na primeira tentativa, eficiência e acuracidade na passagem das informações possibilitando uma manutenção correta e sem trabalhos e o tempo médio utilizado para correção da falha. As respostas deveriam seguir o critério de pontuação de um a cinco, onde um é o menos adequado e 5 é o mais adequado.

Na sequência, os resultados analisados contemplarão ganhos, características chaves, pontos a melhorar, além de comparar à situação anterior, quando o recurso não era utilizado. A partir desses dados consolidados, poderá ser definida a capacidade da ferramenta de entregar resultados esperados, melhorando a qualidade do serviço, o entendimento da falha e solução pelo técnico.

4 DESENVOLVIMENTO

Durante as pesquisas para o desenvolvimento deste trabalho, foram identificadas diversas ferramentas para suporte remoto que aplicam os conceitos da RA. Dentre elas, avaliaram-se quatro sistemas que, após uma análise preliminar, atenderiam ao objetivo desse trabalho. Esses sistemas foram então comparados, focando nos requisitos e delimitação de objetivo desse artigo.

Dentre os requisitos básicos, utilizados para embasar a busca inicial, foram definidos como mandatórios a capacidade de interação via videoconferência (transmissão de imagem e voz), interação entre as partes utilizando a tela, geolocalização e capacidade de salvar e exportar as visualizações. Demais características presentes foram consideradas opcionais.

A fim de aumentar a justificativa de implantação de tal sistema, foram também comparados às principais ferramentas utilizadas nas empresas para videoconferência: Skype, Teams e Whatsapp. Essas ferramentas, dadas como as possíveis de serem utilizadas na empresa, já eram conhecidas pelos técnicos facilitando o processo de comparação e com domínio dos pontos fracos e fortes de cada uma delas.

4.1 As ferramentas e principais características

4.1.1 Atheer

A *Atheer* é uma plataforma que pode ser usada em *smart glasses*, *smartphones / tablets* ou mesmo no computador (ATHEER, 2019). Conta com sistema capaz de gerenciar vários tipos de documentos, como desenhos técnicos, manuais, etc, que podem ser visualizados diretamente no *display* dos *smart glasses* ou *smartphone*. Funciona como vídeo chamada e a interação entre técnico e especialista pode ser feita também através de anotações direto na imagem (estática). Os dados podem ser acessados por nuvem e compartilhados entre diversos envolvidos.

4.1.2 Smart Assistance

O sistema desenvolvido pela Joinpad é capaz de realizar videoconferência para interação entre técnico e especialista, com o uso de RA ancorando anotações a objetos que podem ser feitas em *smartphones / tablets* ou *smart glasses*, mesmo equipamentos antigos já usados em outras aplicações pela possibilidade de realizar um *retrofit* no sistema existente (SMART, 2019).

4.1.3 Vuforia Chalk

Essa ferramenta é considerada a líder na aplicação industrial de aplicativos para assistência remota com realidade aumentada (CHALK, 2019). Ela combina comunicação em tempo real de áudio e vídeo com RA para que técnico de manutenção em campo e especialista possam interagir. Com essa ferramenta, além de comunicação por voz, os usuários podem interagir através de anotações que ficam ancoradas a um objeto (dinâmicas), possibilitando ser guiado passo a passo na definição e solução de um problema.

Utiliza-se *smartphones* como o meio de comunicação com o aplicativo específico. Ela possui uma plataforma de gerenciamento centralizado, em que se pode verificar as estatísticas de uso, administrar, bem como convidar novos usuários.

4.1.4 Worklink

Além de realizar videoconferência com anotações para interação de técnico e especialista e uso de *smart glasses*, possui plataforma para criação de

instruções de trabalho com objetos animados em uma interface intuitiva de fácil utilização. Pode-se desenhar, ampliar a imagem, congelar, fazer anotações de texto e compartilhar imagens pelo sistema ou por e-mail (WORKLINK, 2019).

4.1.5 Skype

O Skype é uma ferramenta criada para possibilitar a comunicação entre qualquer pessoa no mundo (SKYPE, 2019). Pode-se realizar ligações de telefones fixos ou móveis, para Skype ou vice-versa, inclusive enviar SMS. Algumas características, entretanto, necessitam de uso do Skype nas duas pontas, como *chat* e videoconferência. Essa última que está sendo avaliada nesse trabalho, tem características úteis, como compartilhamento de tela, não só de imagem da câmera, legendas automáticas e tradução simultânea, no áudio e na legenda. Entretanto, interações com outros tipos de elementos gráficos não são possíveis.

4.1.6 Teams

O Teams é uma ferramenta criada a partir do Skype *for business* (variação do Skype com características de rastreamento utilizado por empresas) que tem basicamente as mesmas características do Skype (TEAMS, 2019). A comunicação pode ser feita entre usuários da própria ferramenta ou com Skype *for business*, por telefone fixo ou móvel. Usando a videoconferência, recursos como compartilhamento de tela, estão disponíveis.

4.1.7 Whatsapp

Um dos aplicativos mais populares para *smartphones*, o Whatsapp também pode ser utilizado para videochamadas ou conferências (WHATSAPP, 2019). As suas características são simplificadas se comparadas a outros aplicativos aqui descritos, exatamente para torná-lo popular, ou seja, de fácil acesso a qualquer usuário.

O Quadro 1 descreve a comparação entre as ferramentas avaliadas, com relação aos recursos disponibilizados para a execução da videochamada. Com base nessa comparação, identifica-se que o sistema Worklink é o mais completo no número de funções e destaca-se pelo software de criação de simulações 3D,

animações e documentação que, segundo o site do desenvolvedor, é de fácil utilização.

O Chalk tem funções simplificadas, mas que atendem à grande maioria das aplicações, sem necessidade de desenvolvimentos específicos, podendo vir a ser uma ferramenta adequada se o foco é a rápida implantação e treinamento. Assemelha-se ao Whatsapp, no quesito simplicidade de recursos, porém não deixando de ter qualidade na aplicação a que se propõe. Skype e Teams compartilham grande parte das funções, inclusive pelo fato do Teams ser o substituto do Skype *for business*, em aplicações corporativas.

Quadro 1 – Comparação entre as ferramentas

	Atheer	Smart	Worklink (remote assist.)	Chalk	Skype	Whatsapp	Teams
Recursos							
Chamada de vídeo	x	x	x	x	x	x	x
Animações 3D			x				
Anotações de texto na tela			x				
Manuscrito na tela	x	x	x	x			
Sobreposição de imagens	x	x	x				
Visualização de documentos	x	x	x				
Reconhecimento de imagens	x	x	x	x			
Captura de imagens	x	x	x	x			
Gravação de vídeos			x				
Gravar videoconferência							x
Plataforma de edição			x				
Plataforma gerenciamento	x			x			
Capturar tela					x		
Compartilhar tela					x		x
Adicionar pessoas à conferência					x	x	x
Chat durante chamada					x		x
Legenda automática					x		
Usar câmera traseira					x	x	
Aparelhos							
Celular	x	x	x	x	x	x	x
Tablet	x	x	x	x	x		x
Computador	x	x	x		x		x
Smart glasses	x	x	x				

Fonte: elaborado pelo autor.

4.2 Experimentação

Para a realização da experimentação, foram solicitadas licenças de teste a todos os sistemas citados acima, para que pudessem ser instalados e

executado em campo a verificação de suas funcionalidades. Por se tratar de versões comerciais, se teve grande dificuldade de contato com as empresas sem que houvesse pagamento para tal uso. Exceto os sistemas gratuitos e já disponibilizados na empresa (Skype, Whatsapp e Teams), a única empresa que disponibilizou licença de testes foi a Vuforia Chalk, inclusive prorrogando a licença para que os resultados fossem avaliados com mais detalhe e fazendo uma teleconferência para obter *feedback* da experiência de uso.

Com o objetivo de entender quais as principais dificuldades enfrentadas pelo técnico de manutenção quando ocorre uma manutenção que demande suporte externo, sete técnicos que trabalham na área relativa à falha simulada nesse estudo, foram questionados quanto a maior dificuldade que enfrentam nessa situação. O resultado conforme Tabela 1, conclui que a comunicação em língua não nativa é o principal problema, seguido de falta de clareza na informação transmitida, falta de eficiência das soluções propostas e diferença de fuso-horário.

Tabela 1 – Pesquisa com técnicos sobre principal dificuldade com suporte externo

	Língua estrangeira	Comunicação clara	Solução proposta eficaz	Fuso-horário
Qual a principal dificuldade na comunicação com o suporte externo usando as ferramentas existentes?	3	2	1	1

Fonte: elaborado pelo autor.

4.2.1 Cenário Experimental

Para realizar a avaliação do sistema de suporte remoto, verificou-se uma situação simples, em um dos processos produtivos da indústria de semicondutores utilizada como laboratório, mas que dada a complexidade do equipamento, fosse necessário conhecimento específico para realizar a avaliação da falha apresentada. Assim, foi padronizada uma falha que pudesse ser repetida várias vezes sem danos ao equipamento, para que o técnico pudesse, através do sistema em avaliação, detectar e sugerir opções de solução.

Foi escolhido o equipamento de solda de fio de ouro para simulação da falha, por ser um equipamento que opera com parte de seus sistemas expostos,

sem necessidade de acesso e visualização através de portas e janelas. Um limitante para o uso do sistema, com segurança durante a manutenção, seria a necessidade de operar com os acessos da máquina fechados.

Para o experimento, optou-se por simular uma falha no sistema de vácuo que tem a função de prender o produto à base de solda. Com esse sistema inoperante, a máquina gera um alarme e bloqueia sua operação, sendo necessária a resolução do problema para continuar o trabalho. Assim, foi desconectada uma mangueira do sistema que alimenta a base de solda, gerando falta de vácuo, visualizado no medidor e no alarme disposto da tela do equipamento.

Esperou-se a partir disso que, utilizando o acesso remoto, o técnico experiente pudesse apontar quais as possíveis causas que estariam gerando o problema e com essa informação o técnico local então atuasse no equipamento sob a sua supervisão.

4.3 Ferramentas Avaliadas

4.3.1 Aplicando o Chalk

Ao verificar os requisitos necessários ao uso do sistema, restrições foram identificadas. Uma delas foi a necessidade de usar celulares *high end* já que a aplicação demanda alto poder de processamento. Outra restrição foi a demanda de conexão com a Internet de alta velocidade, o que não se obteve dentro das instalações fabris por conta de interferências com outros equipamentos e distância até os roteadores de Internet existentes.

Outra restrição estava relacionada ao ruído no interior da fábrica, por conta de máquinas, sistema de ar condicionado, exaustores, etc. Como a ferramenta necessita do uso de viva-voz para realizar a chamada, em muitos momentos a qualidade da comunicação foi afetada por esses ruídos.

Administradas estas restrições e com a falha simulada no equipamento de solda, foi iniciada a videochamada para o técnico. Nesse primeiro momento o aplicativo faz uma autocalibração, identificando o ambiente através de

reconhecimento de imagens, da posição física e movimentos através dos sensores internos do telefone celular.

Finalizada a calibração, a chamada é completada e é questionado qual a fonte da imagem que deve ser compartilhada, se do técnico local ou do remoto. Foi selecionada a opção do local e o canal de voz foi liberado. Até aí, nenhuma diferença entre o Chalk e qualquer outro sistema de videoconferência.

Utilizando a imagem compartilhada gerada a partir da câmera local, foi informado ao técnico remoto qual o sintoma da falha, indicada pelo sensor de vácuo e alarme na tela mostrando a mensagem de anormalidade. Nesse momento o técnico local aponta, desenhando na tela no celular, o sensor de vácuo com a indicação fora da especificação, visualizada em tempo real pelo técnico remoto.

Pela mensagem da tela da máquina, o técnico remoto identifica que é uma falha no sistema que alimenta a base de solda. Assim, ele por sua vez desenha na tela uma seta que aparece diferenciada por cor, apontando para uma mangueira que é responsável por levar o vácuo até a base do equipamento que pôde ser facilmente identificada pelo técnico local em meio aos demais cabos e mangueiras, sendo colocada no local e solucionando a falha.

Destacou-se nesse sistema a facilidade e simplicidade do uso, sem grande complexidade de geração de imagens, mas suficiente para solução do problema. Antes do teste, esperava-se que elementos mais complexos seriam necessários para identificação e interação entre os técnicos, mas percebeu-se que com simples indicações, complementada pela comunicação de voz e enriquecida pelas imagens de vídeo do aplicativo, o problema pôde ser resolvido. O custo da licença da ferramenta é de R\$800 por técnico por ano que se justifica facilmente, pois uma viagem de um técnico da Ásia para o Brasil já corresponderia ao total de licenças por um ano, de vinte e cinco técnicos.

4.3.2 Aplicando o Skype

A mesma falha foi simulada e, utilizando o Skype, a interação estava restrita às imagens e voz, sem RA, em que o técnico precisou explicar mais detalhadamente o ocorrido. A chamada apresentou qualidade adequada, apesar

de estar utilizando a mesma conexão de Internet do teste anterior. Ressalta-se a função de legendas e possibilidade de tradução simultânea, muito aplicável quando os técnicos não se comunicam na mesma língua, situação essa muito comum na empresa laboratório deste trabalho.

O técnico remoto, assim como no teste anterior, pode identificar que a possível causa estava no sistema de vácuo que alimenta a base da máquina, porém levou mais tempo para que o técnico local identificasse qual mangueira deveria verificar. O Skype, por ser um sistema já bem conhecido e aplicado, foi bem avaliado pela facilidade de uso, sem necessidade de configurações ou programação para que fosse utilizado.

O Skype é uma ferramenta livre, desde que usada entre usuários Skype. Caso seja necessário ligações para não usuários, será cobrado valor correspondente de uso para o destino específico.

4.3.3 Aplicando o Whatsapp

Com o Whatsapp obteve-se resultado satisfatório, porém a qualidade da chamada, tanto vídeo como áudio foram inferiores. O aplicativo não oferece nenhum tipo de interface em RA e a comunicação esteve restrita a voz e imagens.

É o aplicativo com menor oferta de opções durante a chamada, demonstrando que não foi criado para essa finalidade, apesar de ser muito difundido como uma ferramenta para videochamadas em empresas que não têm plataformas mais robustas ou mesmo para uso pessoal. O serviço do Whatsapp ainda não é cobrado.

4.3.4 Aplicando o Teams

Já com o Teams, repetiu-se o resultado do Skype, mas com uma característica importante: a possibilidade de gravar a chamada. Com isso, o suporte remoto pode vir a ser usado como material de treinamento futuro, pelo uso do seu recurso nativo. A gravação fica disponível na nuvem, sem onerar a memória do equipamento utilizado para a chamada.

A falha do equipamento foi igualmente identificada e pode ser tratada pelo técnico local após algumas tentativas. Avaliada pelos técnicos, o sistema atende

o propósito inicial, mas é menos amigável que a interface dos demais aplicativos. Isso é caracterizado pela sua origem ser na aplicação em PCs e não para uso móvel.

As demais ferramentas que aplicam RA não puderam ser testadas, mas pode-se avaliar através de vídeos do site dos desenvolvedores que poderiam atender com qualidade à demanda trazida por esse projeto. O fato relevante é que demandariam um tempo de implantação, pela complexidade de recursos oferecidos, que quando comparado aos demais, acaba sendo o fator preponderante. Isso implicaria em uma mão-de-obra constantemente disponível para o desenvolvimento dos objetos e animações para cada nova aplicação.

Para uso do Teams, é necessária assinatura de pacote Office 365, cujo valor depende de recursos solicitados, como conta de e-mail, programas do pacote, etc.

4.4 Resultados obtidos

Os resultados obtidos a partir dos testes reais das ferramentas num ambiente de produção, comparando uma ferramenta com uso de RA e outras três com uso de áudio e vídeo apenas, levou à escolha da que utiliza RA, a Chalk. O fato de poder gerar as anotações e indicar tanto a falha quanto a possível solução através de desenho na tela, trouxe agilidade ao processo, desonerando a atividade e reduzindo o tempo percebido para solução.

No Quadro 2, está descrito os fatores que levaram à escolha da ferramenta com RA em detrimento das outras. Percebe-se que quando comparados os sistemas, podem ser enquadrados em aplicações com objetivos diferentes. O Chalk está focado na interação usando a tela do aparelho, enquanto os demais estão focados na comunicação por vídeo e imagem sem necessidade aplicar RA.

Quadro 2 – Comparação entre as ferramentas testadas

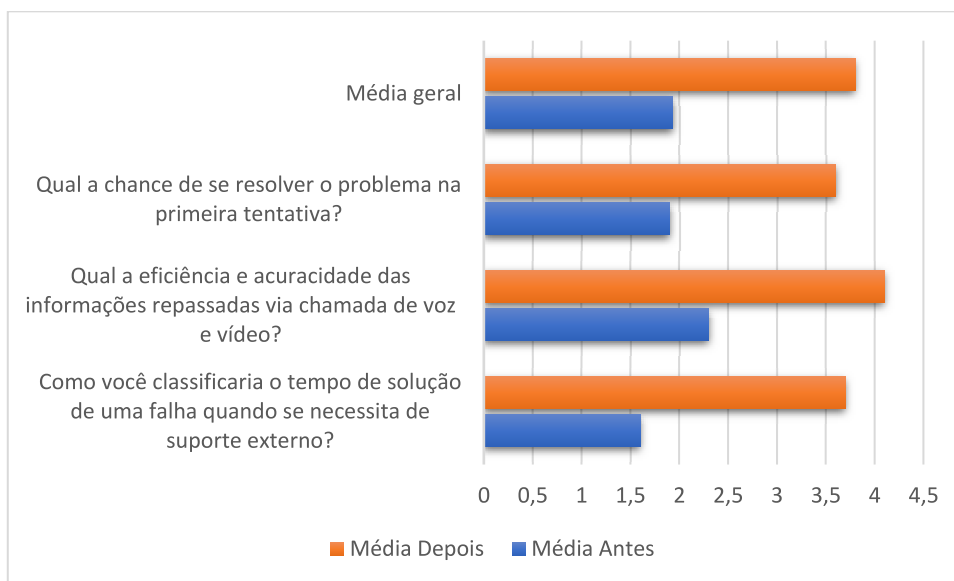
	Chalk	Skype	Whatsapp	Teams
Recursos				
Chamada de vídeo	x	x	x	x
Manuscrito na tela	x			
Reconhecimento de imagens	x			
Captura de imagens	x			
Gravar videoconferência				x
Plataforma gerenciamento	x			
Capturar tela		x		

Fonte: elaborado pelo autor.

Ao usar ferramentas como WhatsApp, Teams ou Skype, sem a opção de realizar anotações na imagem sendo transmitida, a identificação da falha ou da solução sugerida dependia da correta descrição verbalmente, sem precisão e dependente da compreensão do técnico em questão. Quanto mais complexa é a falha ou sua solução, menos eficaz se torna o uso dessas ferramentas de comunicação sem RA.

A mesma pesquisa realizada antes do início dos testes, foi aplicada novamente aos sete técnicos após fazerem o uso da ferramenta Chalk, para que pudessem ser avaliadas suas novas percepções. Conforme demonstrado no Gráfico 1, a velocidade para solução de uma falha utilizando suporte externo era considerada lenta (1,6 de 5), e após usar a ferramenta selecionada nesse artigo, passou a ser percebido como rápido (3,7 de 5). A eficiência da comunicação considerou-se maior, indo de 2,3 para 4,1 e chance de resolver o problema no primeiro diagnóstico foi de 1,9 para 3,6. Isso resultou num aumento percebido de 1,9 para 3,8 pontos segundo a avaliação dos técnicos envolvidos no trabalho.

Gráfico 1 – Pesquisa com técnicos antes e depois dos testes



Fonte: elaborado pelo autor.

Pôde-se verificar que, conforme descrito na fundamentação teórica, o ambiente interativo com aplicações simples e de fácil acesso, acabam por trazer o engajamento e a colaboração dos envolvidos. Enquanto realizavam os testes, os técnicos identificavam possíveis aplicações para tornar seu trabalho mais eficiente e mais motivador utilizando o RA.

Identificou-se também que a partir dos resultados das entrevistas, o fato que teve maior impacto com a aplicação da ferramenta foi relativo à acuracidade das informações. Até então, a baixa acuracidade nas comunicações aumentava o tempo de máquina parada, o desperdício de materiais e os erros desse processo.

5 CONCLUSÕES

A partir da comparação entre as ferramentas pesquisadas e aplicação da Chalk na manutenção proposta neste trabalho, conclui-se que ela traz benefícios consistentes na velocidade, eficiência e objetividade desse tipo de atividade, do ponto de vista do técnico de manutenção. Apesar de ser a ferramenta que aplica RA com a menor quantidade de funções e recursos, pela sua fácil implantação e uso, os resultados obtidos se tornam ainda mais relevantes e justificam sua implantação.

Apesar de fácil utilização, percebeu-se que em aplicações mais complexas ou com movimentação de partes da máquina, em que se fizesse necessário o uso de ambas as mãos, o fato de ter que segurar o celular seria um impeditivo. Assim, se tornaria necessário que o técnico visualizasse o ponto indicado pelo técnico remoto e então largasse o aparelho para realizar a atividade prescrita. Isso geraria um grande incômodo ao técnico local, além de perda de tempo na realização da manutenção.

Outro ponto que se torna crítico em grande parte das indústrias é o ruído fabril que em alguns momentos inviabiliza uma comunicação eficiente mesmo com telefone próximo ao rosto, tornando mais evidente quando se necessita do uso da função de viva-voz. Nessas situações uma possibilidade é o uso de fones de ouvido com microfone embutido, melhorando a captação para aumentar a eficiência e possibilitar que a informação seja ouvida e compreendida a contento.

Antes da aplicação, técnicos responsáveis pela manutenção de fábrica, foram entrevistados quanto à dificuldade de se realizar uma manutenção em que é necessário a interação com técnicos remotos, principalmente no exterior. Os relatos trazidos foram ligados à dificuldade de comunicação em língua estrangeira, via telefone, Skype, Whatsapp ou Teams, o que os fazia investir muito tempo tentando explicar o ocorrido. Na maioria dos casos, a chamada de vídeo não era suficiente, sendo necessário envio de e-mails, com fotos, vídeos e descrições detalhadas do problema. Essa comunicação, poderia levar dias, já que, dependendo do país onde se situa o suporte, pode haver até doze horas entre o envio e a sua resposta, pela diferença do fuso horário.

Após a aplicação do Chalk, a primeira característica levantada foi a possibilidade de desenhar na tela, o que independe da língua que está sendo falada, facilitando a comunicação. Também foi identificado como um ponto positivo a ancoragem das anotações, não perdendo a referência de cada desenho feito. Mas também foi pontuado a questão da baixa qualidade do vídeo (relativo à conexão de Internet) e do alto ruído que dificultava o diálogo durante a chamada.

A partir desses resultados, sugere-se como continuidade de projeto o estudo e aplicação de ferramentas com interação simplificada como o Chalk,

utilizando *smart glasses* de RA, como Google Glass ou Hololens a fim de tornar mais fácil a interação sem a utilização das mãos para segurar o telefone celular ou *tablet*. Isso permite ao técnico a liberdade para realizar atividades pesadas ou que demandem o uso das duas mãos, o que agilizaria o trabalho.

REFERÊNCIAS

AL-AZAWI, R.; SHAKKAH, M. **Embedding augmented and virtual reality in educational learning method**: Present and future. 2018 9th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS), Irbid, 2018, pp. 218-222.

ATHEER. Disponível em: <https://atheerair.com/>. Acesso em: 22/07/2019.

AUGMENTED Repair App - The easy way to repair and maintain. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ixacsbRoMwY>. Acesso em: 22/07/2019.

AZUMA, R.; BILLINGHURST, M.; SCHMALSTIEG, D.; HIROKAZU, K. **Developing augmented reality applications**. ACM SIGGRAPH 2004 Course Notes, 2004.

AZUMA, R. **A Survey of Augmented Reality Presence**: Teleoperators and Virtual Environments. (Agosto 1997), 355 - 385. Disponível em: <http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>. Acesso em: Agosto 1997.

BESNEA, F.L.; 340 CISMARU, S.I.; BIZDOACA, N.G. **Operating Environment in Augmented Reality Maintenance Applications**. Annals of the University of Petroșani, Mining 336 Engineering, 19, 2018.

BOSCH Augmented Reality for the automotive workshop. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gefW8EC-ZCc>. Acesso em: 22/07/2019.

CHALK. Disponível em: <https://chalk.vuforia.com/content/vuforia-chalk/en.html> Acesso em: 22/07/2019.

CLASSEM, Rainer. **AR and VR in Manufacturing**: being there. Electronics Weekly, 00135224, Número 2725. 4/18/2018

HOLOLENS Plant Maintenance. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=QTuKcm8s4QQ>. Acesso em: 22/07/2019.

KLUGE, A. TERMER, A. **Human-centered design (HCD)** of a fault-finding application for mobile devices and its impact on the reduction of time in fault diagnosis in the manufacturing industry, Applied Ergonomics, vol. 59, pp. 170–181, 2017.

MOHR, P.; KALKOFEN, D.; KERBL, B.; DONOSER, M.; SCHMALSTIEG, D. **Retargeting Technical Documentation to Augmented Reality**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/280575792_Retargeting_Technical_Documentation_to_Augmented_Reality. 2015. Acesso em: 04/10/2019.

PAPA, G.; ZURUTUZA, U.; URIBEETXEBERRIA, R. **Cyber Physical System Based Proactive Collaborative Maintenance**. In: International Conference on Smart Systems and Technologies (SST), pp. 173–178. IEEE. 2016.

PATIL, S.; PRABHU, C.; NEOGI, O.; JOSHI, A.; KATRE, N. **E-learning system using Augmented Reality**. 2016 International Conference on Computing Communication Control and automation (ICCUBEA), Pune, 2016, pp. 1-5.

SKYPE. Disponível em: <https://www.skype.com/pt-br/> Acesso em: 22/07/2019.

SMART Assistance. Disponível em: <https://www.joinpad.net/smart-assistance-2/> Acesso em: 22/07/2019.

SPECHT, M. TERNIER, S. GRILLER. **Dimensions of mobile augmented reality for learning: a first inventory**, Journal of the Research for Educational Technology (RCET), vol. 7, no. 1, pp. 117-127, 2011

TEAMS. Disponível em: <https://www.microsoft.com/pt-br/microsoft-365/blog/2016/11/02/introducing-microsoft-teams-the-chat-based-workspace-in-office-365/> Acesso em: 22/07/2019.

VUFORIA CHALK: **AR Remote Assistance**. [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: <https://chalk.vuforia.com/> Acesso em: 22 jul. 2019.

WANG, T.; SATO, Y.; OTSUKI, M.; KUZUOKA, H.; SUZUKI, Y. **Effect of Full Body Avatar in Augmented Reality Remote Collaboration**. In: 2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR), Osaka, Japan, 2019, pp. 1221-1222.

WHATSAPP. Disponível em: https://www.whatsapp.com/?l=pt_br Acesso em: 22/07/2019.

WORKLINK. Disponível em: <https://www.scopear.com/solutions/worklink-assist/> Acesso em: 22/07/2019.