

**TREINAMENTO COM REALIDADE AUMENTADA NO SETOR DE AVIAÇÃO**

João Victor de Jesus <sup>1</sup>  
Tammyse Araújo da Silva <sup>2</sup>

**RESUMO**

A automação das aeronaves ou *glass cockpit* exigiu dos pilotos habilidades para o gerenciamento de sistemas e operações e isto acabou por refletir no seu treinamento. Na medida em que o avanço tecnológico ocorre, é essencial avançar também nos métodos de ensino dos profissionais que trabalham com estas máquinas modernas. Uma maneira de evoluir nos processos educacionais da chamada educação 4.0 foi adotar tecnologias que auxiliassem no aprendizado e na retenção do conhecimento. Neste sentido, e observando a possibilidade do uso de Realidade Aumentada (AR – *Augmented Reality*) no ensino, este estudo objetivou verificar se a aplicação desta tecnologia no processo de treinamento de profissionais do setor de transporte aéreo pode promover o desenvolvimento de competências e habilidades necessárias para atender às demandas da aviação moderna. Assim, ao utilizar uma metodologia de natureza básica, descritiva, qualitativa e de procedimentos documental e bibliográfico, concluiu-se que a Realidade Aumentada pode ser utilizada como ferramenta para o ensino desses profissionais, gerando vários benefícios. Tais vantagens compreendem aumentar a qualidade e reduzir o tempo da tarefa, no caso da indústria aeronáutica; elevar o engajamento nos cursos EPT para comissários; e melhorar a interação e a memória motora no treinamento dos pilotos enquanto simulam cenários. Esses relevantes ganhos corroboram com a hipótese levantada, que considera a utilização da AR um elemento substancial para o aprimoramento do desempenho educacional e profissional, visto que, além do seu uso no treinamento dos aeronautas, ela participa do cotidiano do trabalho de pilotos, a exemplo do *Head-Up Display*.

**Palavras-chave:** *Glass cockpit*. Treinamento. Realidade aumentada. *Augmented Reality* (AR).

<sup>1</sup> Graduando em Ciências Aeronáuticas. Técnico em Manutenção de Aeronaves – Grupo Motopropulsor. Piloto Privado teórico. E-mail: [joaovictorsj\\_@outlook.com](mailto:joaovictorsj_@outlook.com).

<sup>2</sup> Especialista em Docência Universitária pela Universidade Católica de Goiás. Graduanda em Ciências Aeronáuticas pela UnisulVirtual. Graduada em Artes Visuais pela UFG. Professora da Escola de Ciências Exatas e da Computação no curso de Ciências Aeronáuticas da PUC Goiás. Diretora de Escola Superior de Aviação Civil da UniGoiyazes. EC-PREV pelo CENIPA. Credenciada no SGSO pela Agência Nacional de Aviação Civil. E-mail: [tammyse@hotmail.com](mailto:tammyse@hotmail.com)  
[tammyse@pucgoias.edu.br](mailto:tammyse@pucgoias.edu.br)

## AVIATION TRAINING WITH AUGMENTED REALITY

### ABSTRACT

The aircraft's automation or glass cockpit required from the pilots skills to manage systems and operations and this ended up reflecting on their training. As technological advancement occurs, it is also essential to advance teaching methods for those who work with these modern machines. One way to evolve in the processes of '4.0 Education' was to adopt technologies that would help in learning and knowledge retention. In this sense and observing the possibility of using Augmented Reality (AR) in teaching, this research aimed to verify whether the application of this technology in the professionals' training process in the air transport sector can promote the development of skills and abilities necessary to meet the modern aviation demands. Thus, by using a methodology of a basic nature, descriptive and qualitative, and documentary and bibliographic procedures, it was concluded that Augmented Reality can be used as a tool for teaching these aeronauts, generating several benefits. Such advantages include increasing quality and reducing task time, in the case of the aeronautical industry; increase engagement in EPT courses for flight attendants; and improve interaction and motor memory in the pilots training while simulating scenarios. These relevant gains corroborate the hypothesis raised, that considers the use of AR a substantial element for educational and professional performance improvement, since, in addition to its use in the aeronauts training, it participates in the pilots daily work, been the case of the Head-Up Display.

**Keywords:** Glass cockpit. Training. Augmented Reality (AR).

## 1 INTRODUÇÃO

Com o advento da automação nas aeronaves, que resultou na tecnologia *glass cockpit*, foi necessário que o profissional da aviação, principalmente o piloto,

desenvolvesse novas habilidades para executar suas funções. Assim, foi essencial buscar ferramentas tecnológicas capazes de promover durante o ensino e o treinamento desses profissionais aptidões para o gerenciamento, eficiência e segurança das operações aéreas. Uma dessas tecnologias é a Realidade Aumentada (AR, do inglês *Augmented Reality*).

Neste sentido, a pesquisa tem por objetivo verificar se a adoção da AR no treinamento promove o desenvolvimento de outras habilidades e competências mais pertinentes à aviação da atualidade e de suas modernas aeronaves, bem como identificar as possíveis áreas para a aplicação dessa tecnologia.

À vista disso, o estudo se justifica em razão de que o ensino voltado aos profissionais da aviação, como comissários, pilotos e mecânicos, precisa harmonizar conteúdo, entendimento, atenção e motivação, para que a aprendizagem revele um profissional pleno em termos de conhecimento, e o uso de ferramentas tecnológicas pode ser a ponte para esse saber.

Para o alcance desses objetivos, a pesquisa partiu de uma metodologia de natureza básica, utilizando objetivos descritivos e abordagem qualitativa, com o uso de procedimentos documental e bibliográfico. Dessa forma, alguns autores foram fundamentais para dar suporte ao estudo, tais como Rondon, Capanema e Fontes, Milgram, Tori e Hounsell, e Kim, entre outros. Além desses autores, as organizações *Dream Formula Education* e a *Federal Aviation Administration* (FAA) foram fontes de consulta.

A partir da metodologia empregada, a pesquisa foi estruturada em seis partes. A primeira trata das novas competências e habilidades exigidas dos pilotos para operações com aeronaves *glass cockpit*. A segunda apresenta os conceitos que envolvem a tecnologia de AR, assim como as diferenças entre esta e as demais realidades. A terceira identifica os setores em que a realidade aumentada já é aplicada e quais são seus resultados. A quarta desenha a evolução da educação 1.0 até a 4.0 e posiciona a realidade aumentada nessa evolução. A quinta seção expõe os resultados da implementação da AR no processo de treinamento dos aeronautas e aeroviários, ao passo que a sexta exemplifica a prática da

aplicação da realidade aumentada em termos de treinamento e de operação em aeronaves. Por fim, as considerações finais são delineadas.

Pretende-se com o estudo demonstrar que a AR pode ser incorporada ao aprimoramento do treinamento de profissionais do setor, sobretudo frente aos desafios das operações com as modernas aeronaves *glass cockpit*, considerando a relação desta tecnologia com o desempenho educacional.

## 2 REALIDADE AUMENTADA

### 2.1 AERONAVES *GLASS COCKPIT*: NOVAS COMPETÊNCIAS PARA PILOTOS

De acordo com Young, Fanjoy e Suckon (2006), nas décadas de 1990 e 2000, a tecnologia embarcada em aeronaves evoluiu de instrumentos analógicos para telas com informações geradas por computadores; tal tecnologia ficou conhecida como aeronaves *glass cockpit*. O *glass cockpit* possibilitou combinar dados de voo em uma única tela, o que gerou o aprimoramento da consciência situacional. Segundo os autores, a utilização desses sistemas automáticos de voo (ou *autoflight*) aumentou a confiança da indústria aeronáutica em termos de eficiência e segurança, o que levou muitas empresas a exigirem o uso mais completo de sistemas automatizados. Como consequência, houve a transformação na forma de pilotagem, que passou de manual para uma quase que totalmente automática.

Segundo Fontes e Fay (2016), com os inúmeros avanços da tecnologia ao longo dos anos, foi possível desenvolver aeronaves cada vez mais modernas, fazendo com que o piloto assumisse não mais apenas o papel de um “simples” condutor, mas também de um gerenciador do sistema computacional que monitora toda a automação da aeronave. Com isso, surgiu uma mudança de paradigma na formação desses profissionais, que deixaram de aplicar força física/motora no controle da aeronave para desenvolver novas habilidades e

competências para o gerenciamento de seus sistemas e subsistemas, complementam as autoras.

Rondon, Capanema e Fontes (2013) afirmam que nesse cenário de ambiente altamente tecnológico, como é a cabine de voo das modernas aeronaves – *Technically Advanced Aircraft* (TAA)<sup>1</sup> –, há momentos em que é necessário conviver com um processo decisório múltiplo que envolve diversas variáveis. À vista disto, os autores ressaltam serem imprescindíveis a garantia da regularidade e da segurança ao longo do voo; a adequada tomada de decisão; o acurado processo mental; e a compreensão da operação dos sistemas automatizados e de seus requisitos nas diferentes fases de um voo e situações operacionais.

A *Federal Aviation Administration* (FAA) recomenda o aprimoramento do treinamento e da formação dos pilotos quanto aos conteúdos relativos aos sistemas das TAA, sendo relevante, entre outros, o desenvolvimento de competências para voar o avião físico e o avião mental. O físico faz referência à compreensão teórica das estruturas e sistemas das aeronaves. Já o mental se entende como a combinação das habilidades cognitivas para uso adequado da automação e o conhecimento de suas limitações e particularidades (RONDON; CAPANEMA; FONTES, 2013).

De acordo com Farias (2014), a Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO) estabeleceu nove competências que o piloto-aluno deve desenvolver para executar as tarefas no *cockpit* com êxito. São elas: aplicação de procedimentos; comunicação; gerenciamento da rota de voo (automação, gerenciamento da rota de voo); controle manual; liderança e trabalho em equipe; solução de problemas e tomada de decisão; consciência situacional; gerenciamento de carga de trabalho; e gerenciamento de ameaças e erros.

A FAA recomenda a introdução de treinamentos que explorem uma maior gama de possibilidades de ambientes tão diversos quanto a cabine de voo de uma TAA. Para tanto, devem ser utilizadas metodologias de treinamento baseadas em

---

<sup>1</sup> *Technically Advanced Aircraft* (TAA) ou Aeronave Tecnicamente Avançada é a aeronave composta de um sistema de cabine integrado que consiste em uma tela primária e outra tela multifunções que incluem o sistema de posicionamento global ou *Global Positioning System* (GPS), com gráficos de tráfego e terreno, e totalmente integradas ao piloto automático (DORNAN et al., 2006).

cenários reais ou simulações, a integração do treinamento com uma abordagem mais tecnológica e o desenvolvimento de competências perceptuais, motoras e cognitivas (FAA, 2003).

Para Brown (2017), os futuros profissionais de aviação que estão ingressando no mercado de trabalho representam uma nova geração de alunos. Para entender e atender às suas necessidades, a comunidade de aviação deve aproveitar tecnologias inovadoras para ir além dos métodos tradicionais de treinamento. Segundo a autora, uma tecnologia que está crescendo em popularidade e uso na aviação é a Realidade Aumentada ou *Augmented Reality (AR)*. O uso dessa tecnologia pode oferecer uma solução de baixo custo para aprimorar ambientes reais, criar soluções virtuais, acelerar o aprendizado e aumentar a retenção de profissionais.

## 2.2 REALIDADE AUMENTADA E REALIDADE VIRTUAL: CONCEITOS E DIFERENÇAS

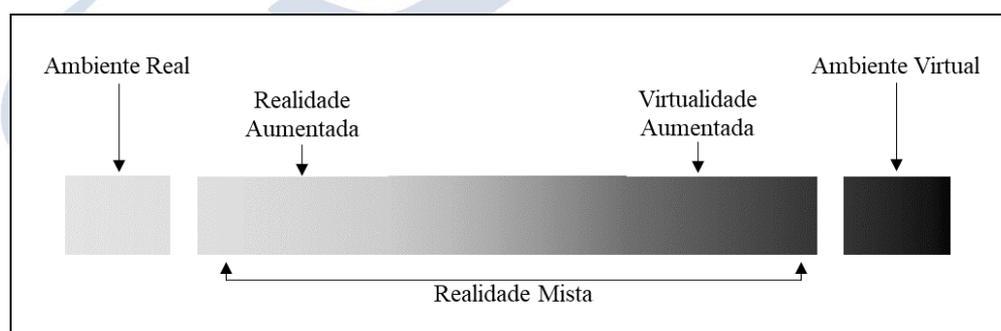
Com a evolução dos sistemas computacionais, como *hardwares* compactos e *softwares* que permitem a rapidez no processamento de dados, foi possível desenvolver novas tecnologias antes limitadas a computadores pouco eficientes e de grande porte. Essas inovações tecnológicas conhecidas como Realidade Virtual ou *Virtual Reality (VR)* e Realidade Aumentada (AR). Acrescenta-se que tanto a VR quanto a AR, semelhantemente a outras engenharias carecem de contínua atualização no campo da computação (KIRNER; KIRNER, 2011).

Sobre estas duas tecnologias cabe uma breve diferenciação. A visão sobre ambientes virtuais geralmente é aquela em que o usuário imerge totalmente em um mundo sintético capaz de imitar propriedades do mundo real. Por outro lado, este mesmo ambiente pode criar um mundo em que as leis da física que governam a gravidade, o tempo, e as propriedades materiais não mais se aplicam. Tais características são pertinentes apenas à VR. Embora semelhantes, a AR se difere da VR pelo fato de que Realidade Aumentada sempre será claramente restringida pelas leis da física. Em vez de considerar os dois conceitos como simplesmente

opostos é mais conveniente vê-los como extremos de um *continuum* (MILGRAM et al., 1995).

Milgram et al. (1995) delimitaram um *continuum* ou contínuo realidade-virtualidade, representado na Figura 1, em que a AR é uma parte da área conhecida como Realidade Mista ou *Mixed Reality* (MR). A MR está dividida em duas partes: Realidade Aumentada e Virtualidade Aumentada ou *Augmented Virtuality* (AV). A AR é alcançada quando o usuário consegue interagir com elementos virtuais estando ele no espaço físico real. Já a Virtualidade Aumentada acontece quando o usuário é transportado para uma realidade sintética suplementada com elementos do mundo real.

Figura 1 – Contínuo Realidade–Virtualidade de Milgram



Fonte: Milgram et al. (1995).

Pode ser observado também na Figura 1 que a VR (ambiente virtual) está localizada no extremo direito, oposta ao ambiente real, que se encontra no extremo esquerdo. A realidade mista, portanto, localiza-se entre ambas, sendo, portanto, uma realidade intermediária. Na prática, é muito complexo estabelecer limites precisos que separam essas realidades; a única distinção clara é a que se faz entre ambientes totalmente reais, totalmente virtuais e aqueles que os mesclam.

Nesta perspectiva, Azuma et al. (2001) conceituam a AR como um sistema que suplementa o mundo real com objetos gerados por computador de forma que eles coexistam em um mesmo espaço no mundo real. Para os autores, existem três propriedades básicas que caracterizam esse sistema: combinação, interação e sincronização. A primeira combina objetos reais e virtuais no ambiente real; a

segunda opera de forma interativa e em tempo real, enquanto a última sincroniza objetos reais e virtuais entre si.

A Tabela 1 a seguir apresenta uma comparação entre os tipos de realidade com relação ao tipo de experiência, dispositivos de interação e exemplos (TORI; HOUNSELL, 2018).

Tabela 1 – Comparativo entre realidades – VR, AR e MR

	<b>Experiência</b>	<b>Dispositivos</b>	<b>Exemplos</b>
<i>Virtual Reality</i> (VR)	Experiência totalmente digital	Diferentes tipos de óculos VR, com recursos distintos	Experiências em 3D interativas ou vídeos em 360°
<i>Augmented Reality</i> (AR)	Elementos digitais sobre a experiência do mundo real	Celulares, tablets e óculos AR com projeção em sua lente	Aplicativos que mostram objetos sobre marcadores e superfícies
<i>Mixed Reality</i> (MR)	Experiência digital e real misturada	Diferentes tipos de óculos MR com câmeras	Reprodução da realidade dentro de óculos MR

Fonte: adaptado de Oniria (2021, tradução livre).

Craig (2013) acrescenta a essas três propriedades outras duas. Uma considera que o mundo é aumentado por informações digitais sobrepostas à visão do mundo real. A outra entende que a informação apresentada depende da localização de mundo e da perspectiva da pessoa com relação ao mundo físico. Desta forma:

A RA, enriquece o ambiente físico com objetos sintetizados computacionalmente, permitindo a coexistência de objetos reais e virtuais, podendo ser considerada uma vertente da RV, ainda que, inicialmente tenham sido desenvolvidas indistintamente (TORI; HOUNSELL, 2018, p. 38).

Essa tecnologia fornece recursos ímpares capazes de combinar os mundos físico e virtual de forma harmoniosa. Sem alterar fisicamente o mundo real, ela acrescenta informações virtuais sobre a realidade permitindo que o usuário a controle totalmente. A AR tem o poder, ainda, de mudar a forma como os computadores são utilizados, tornando o impossível possível e, por ser uma tecnologia relativamente nova, tem potencial de aplicação que abrange diversas áreas, sobretudo a da educação (KESIM; OZARSLAN, 2012).

## 2.3 REALIDADE AUMENTADA: APLICAÇÕES DIVERSAS

Em muitos setores, a implementação de tecnologias modernas traz vantagem e sucesso no difícil mercado global e, nesse contexto, está a tecnologia de realidade aumentada, uma engenharia de software relativamente recente. Ela possibilita, como dito, a interação homem-máquina ao enriquecer o ambiente real com objetos e informações virtuais. Nos últimos anos, por apresentar diversas vantagens, a AR ampliou seus potenciais de aplicação que podem ser encontrados nas mais diversas áreas de pesquisa (BOBOC; GÎRBACIA; BUTILĂ, 2020).

Craig (2013) destaca algumas áreas em que a realidade aumentada pode ser aplicada, como na educação, negócios e manufatura, segurança pública e militar, entretenimento, arte, publicidade e medicina. Na área médica, por exemplo, Luo et al. (2005) citam o uso da AR como solução para vítimas sobreviventes do Acidente Vascular Cerebral (AVC) que apresentaram comprometimento da função motora das mãos. Em seus estudos, os autores comprovaram que a recuperação de membros funcionais superiores é mais eficaz utilizando um ambiente de treinamento que integra a realidade aumentada com dispositivos auxiliares de reabilitação. Desta forma, o paciente pode completar sua recuperação em apenas seis semanas.

Nos casos envolvendo a psicologia, a AR é utilizada nos tratamentos de distúrbios psicológicos e tem-se mostrado uma ferramenta bastante útil devido à sua adaptabilidade às necessidades do paciente e dos propósitos terapêuticos. Aplicada no tratamento de fobias, revela-se como uma nova técnica para os pacientes experimentarem situações como exposição ao medo ou estímulo fóbico em ambiente seguro e sob controle do terapeuta (GIGLIOLI et al., 2015).

A tecnologia de realidade aumentada, portanto, já vem impactando e impactar ainda mais o futuro no que tange ao tratamento de pacientes. Por meio de *hardwares* cada vez menores e mais potentes, essa tecnologia ainda será capaz de melhor integrar o fluxo de trabalho das tecnologias de exibição (como tomografia computadorizada e cirurgia assistida por computador) e criar

oportunidades de novos tratamentos para pacientes, médicos e profissionais da saúde (ECKERT; VOLMERG; FRIEDRICH, 2019).

Além da área médica, as vantagens e os benefícios da AR têm sido largamente experimentados por importantes fabricantes de aeronaves do mercado global. Uma delas é a Airbus, que, para implementar um novo processo de produção de aeronaves com ferramentas inteiramente digitais associou-se à Japan Airlines (JAL) e à JAL Engineering (JALEC) para criarem o *Mixed Reality Application* (MiRA). Esse aplicativo aumenta a produtividade nas linhas de produção usando realidade aumentada para escanear peças e detectar erros. Por exemplo, na aeronave de modelo A380, o MiRA reduziu o tempo necessário para verificar dezenas de milhares de suportes na fuselagem de 300 horas para 60 horas, ou seja, redução de 80%. Além disso, descobertas tardias de suportes danificados, mal posicionados ou ausentes foram reduzidas em 40% (AIRBUS, 2017; GLOCKNER et al., 2014).

A Boeing, outra fabricante da indústria aeronáutica, em parceria com a *Iowa State University*, avaliou três métodos diferentes de apresentação de instruções de trabalho. De acordo com Richardson et al. (2014), os três métodos são referidos como *Desktop MBI*, *Tablet MBI* e *Tablet AR*. Os dois primeiros usam Instruções Baseadas em Modelos ou *Model-Based Instructions* (MBI), enquanto o terceiro, *Tablet AR*, utiliza o mesmo equipamento usado no modelo *Tablet MBI*, mas com instruções de trabalho baseadas em realidade aumentada. Para Frigo, Silva e Barbosa (2016), a apresentação com o método fundamentado em AR pode aumentar a qualidade e reduzir o tempo da tarefa em relação aos outros dois métodos devido ao grande tempo gasto nestes na confirmação de informações.

Os mesmos autores (2014) consideram ainda que a implementação da AR gera ganhos de qualificação da mão de obra menos preparada, haja vista a facilidade para aprender e desenvolver tarefas específicas. Levando em consideração que com essa metodologia a aprendizagem se dá com maior rapidez, se comparada ao modelo convencional, também é possível computar ganhos com a redução de custos de treinamento.

### **3 REALIDADE AUMENTADA, EDUCAÇÃO E TREINAMENTO DE PILOTOS DE AVIÃO**

#### **3.1 EVOLUÇÃO DA EDUCAÇÃO: REALIDADE AUMENTADA NA EDUCAÇÃO 4.0**

A natureza e a estrutura de uma sociedade têm caráter dinâmico e, de forma contínua, são traçadas mudanças sempre articuladas às normas vigentes, valores e aspirações. Essas mudanças de valores combinadas às explosões de conhecimento, ideias e habilidades decorrentes das descobertas científicas resultaram em recentes estratégias de ensino, inovações e produções voltadas tanto para educação quanto para as indústrias. A finalidade destas transformações é satisfazer a natureza dinâmica da demanda humana, resolver problemas sociais e simplificar a vida em sociedade. Tais transições seguem uma tendência chamada de 'revoluções educacionais e industriais' (ALIYU; TALIB, 2020).

Makrides (2019), descreve essas evoluções ou revoluções da educação, dividindo-as em quatro partes ou fases que estiveram diretamente ligadas às revoluções industriais. A primeira delas foi a Educação 1.0, que se tratava de um sistema centrado no professor tido como líder absoluto em sala de aula, enquanto o aluno era apenas um receptor passivo de conhecimento, não podendo se apoiar em qualquer ferramenta tecnológica, cujo uso era, inclusive, proibido.

Na segunda, Educação 2.0, a comunicação e colaboração começam a ser evidenciadas, porém, a abordagem centrada no aluno é menosprezada. Os exames e seus resultados são a principal fonte para mensurar o que foi aprendido, considerando a memorização como principal meio para atingir bons resultados. Em seguida, surgiu a Educação 3.0, marcada por uma abordagem centrada no aluno que se torna um pesquisador dentro de uma metodologia chamada de "sala invertida" ou *Flipped Classroom*, em que o professor é um facilitador do conteúdo e guia da prática. O estilo clássico de sala de aula já não mais existe, o diálogo predomina e a tecnologia é utilizada, embora ainda limitada (MAKRIDES, 2019).

Por fim, Makrides (2019) destaca a Educação 4.0 ainda em consolidação, juntamente com a indústria 4.0, é um misto de cocriação e inovação baseado na

metodologia de sala invertida com exercícios práticos e interativos. A aprendizagem se torna interativa e personalizada, podendo ser feita em casa ou fora dela com o uso da tecnologia de realidade virtual, aumentada ou outra de fácil acesso e gratuita. Para Junior, Mendonça e Leite (2019), a RV e AR serão essenciais nesse processo de evolução educacional que busca, continuamente, por mais ferramentas digitais aplicáveis às metodologias ativas de sala de aula. A Tabela 2, a seguir, traça um comparativo entre as Educações 1.0 e 4.0.

Tabela 2 – Tabela comparativa entre Educação 1.0 Educação 4.0

	<b>Educação 1.0</b>	<b>Educação 4.0</b>
Forma de ensino	Baseado em palestra (professor para o aluno)	Baseado em discussão (professor para o estudante, estudantes para o professor)
Abordagem de ensino	Formato único	Educação personalizada
Papel principal dos professores	Palestrante	Mentor
Treinamento de professor	Graus, credenciais, certificados	Treinamento contínuo
Atividades de aprendizado	Livros didáticos e testes	Aprendizagem baseada em projetos
Local de aprendizagem	Configurações tradicionais de sala de aula	Grande espaço de aprendizagem
Uso de tecnologias	Inexistente	Tecnologias amplamente usadas com foco na VR e na AR

Fonte: adaptada da *Dream Formula Education* (2021, tradução livre).

Segundo Diegmann et al. (2015), a realidade aumentada oferece um novo caminho de possibilidades para a educação, construindo a ponte entre o ambiente virtual e o ambiente real. Para o autor, a AR oferece novas formas de ensino e aprendizagem que estão sendo cada vez mais reconhecidas em pesquisas. De acordo com KESIM e OZARSLAN (2012, p. 301).

A realidade aumentada torna o impossível possível e seu potencial na educação está apenas começando. As interfaces de realidade aumentada oferecem interação perfeita entre os mundos real e virtual. Usando sistemas de realidade aumentada, os alunos interagem com as informações, objetos e eventos 3D de uma forma natural.

Kesim e Ozarslan (2012), afirmam que imergir alunos no mundo real, fazendo que interajam com ele como forma de aprendizagem, geralmente não é muito conveniente. Mesmo sendo o mundo real tridimensional, é mais adequado usar uma mídia bidimensional na educação em razão de ser mais familiar, flexível, portátil e barata. No entanto, esta é estática e não oferece dinamismo no conteúdo. Por outro lado, os autores consideram que a AR aplicada à educação ou aprendizagem aumenta a percepção do usuário e a interação com o mundo real. O usuário pode mover um objeto tridimensional e visualizá-lo de diferentes perspectivas como se fosse um objeto real. Desta forma, as informações adquiridas com a visualização de objetos virtuais podem ajudar pessoas a realizar tarefas do mundo real e, como mencionado, aumentar a percepção e a interação com o mundo real.

Pesquisas apontam os vários benefícios da aplicação da realidade aumentada na educação, entre eles, o aumento da motivação. Por exemplo, ao se comparar pessoas que utilizaram livros com AR a outras que lidaram com os tradicionais, os participantes que empregaram a tecnologia pareciam muito mais ansiosos no início de cada sessão e, ao final dela e após os testes, sentiram-se mais satisfeitos e motivados dos que os que não a usaram. Outra diferença observada no estudo foi o aumento da proatividade dos participantes e a vontade de continuarem aprendendo por meio da tecnologia de AR após a aula. Além da motivação, outros benefícios podem ser encontrados, como o aumento da atenção, concentração e satisfação, isso apenas no aspecto psicológico (DIEGMANN et al., 2015).

### 3.2 PROPOSTAS DE IMPLEMENTAÇÃO DA AR NO TREINAMENTO DE PROFISSIONAIS DE AVIAÇÃO

Apesar de a tecnologia de realidade aumentada ser amplamente adotada pelas comunidades médica, petrolífera, espacial, automotiva, entre outras, ela ainda permanece pouco explorada no ambiente de treinamento, sobretudo no treinamento em aviação. No campo da aviação, essa tecnologia é considerada uma

inovação recente, ainda tímida e com poucas pesquisas publicadas na área (BROWN, 2017).

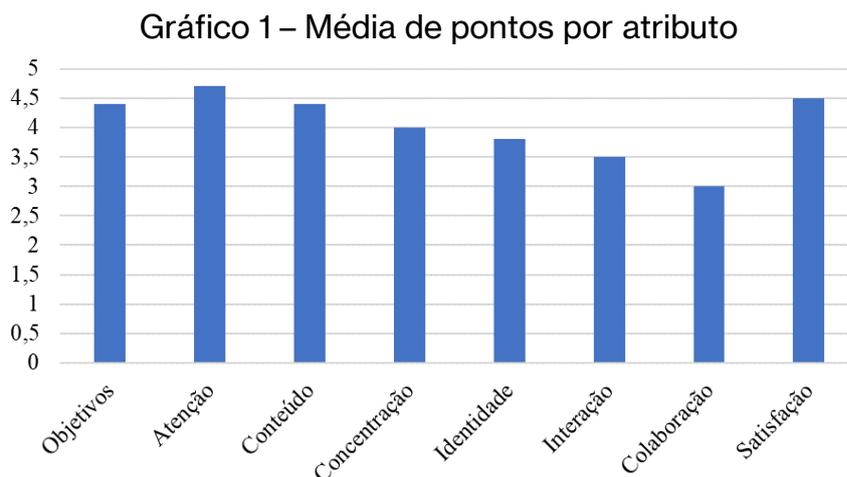
Ainda assim, alguns estudos foram desenvolvidos para comprovar os ganhos advindos da implementação dessas tecnologias no treinamento, um deles aplicado aos comissários de bordo. Para muitos, as principais atribuições do comissário são receber os passageiros, servir alimentos e refrescos, realizar demonstrações de segurança antes do voo e ser sorridentes e agradáveis. Mesmo que estas possam ser descritas como parte de suas atribuições, uma das funções mais importantes deste profissional é garantir a segurança e a saúde dos passageiros. A origem desse encargo remete à década de 1930 com a primeira comissária Ellen Church, que também era enfermeira. Por este motivo, as atividades profissionais desta área na contemporaneidade incorporam-se aos procedimentos de segurança voltados aos passageiros, sendo necessário realizar com frequência o Treinamento de Procedimentos de Emergência ou *Emergency Procedures Training* (EPT) (BAA TRAINING, 2015).

Segundo Ines (2017), globalmente o EPT inclui o desenvolvimento de conhecimentos sobre os equipamentos de segurança e suas respectivas localizações nos diferentes tipos de aeronaves, a simulação de fumaça e incêndio a bordo, os procedimentos de evacuação e o treinamento em primeiros socorros. Em geral, esse treinamento tem duração de seis horas e adota um modelo tradicional de ensino, cujos conteúdos são ministrados por um instrutor, seguidos de exames para testar o conhecimento. Neste sentido, Mann (2009) ressalva que longas horas de monólogo podem gerar tédio, cansaço, falta de atenção, interesse e engajamento resultantes da perda da motivação dos tripulantes para com o conteúdo, comprometendo, desta forma, a importância dos procedimentos de segurança em voo.

Segundo Kim (2018), a falta de engajamento dos alunos resulta em foco e atenção reduzidos e, portanto, a motivação para a ação diminui. Para o autor, a causa raiz da falta de empenho seria o ambiente tradicional de sala de aula, onde a ausência de atividades interativas e longas horas de palestras não fornecem experiência prática nem oportunidades de participação.

A fim de aumentar o engajamento e elevar a motivação, o uso de ferramentas tecnológicas ou digitais são preferíveis aos métodos tradicionais de ensino. Estudos apontam que recursos tecnológicos interativos e imersivos, como a realidade aumentada, por chamar mais atenção e melhorar a experiência de aprendizagem, podem aumentar a motivação entre os alunos. Nesse contexto, os autores reforçam como a realidade aumentada é capaz de melhorar o engajamento de alunos durante os procedimentos de emergência (GANGABISSOON; BEKAROO; MOEDEEN, 2020).

Gangabissoon, Bekaroo e Moedeen (2020), realizaram uma pesquisa com comissários de voo utilizando um aplicativo AR baseado em marcadores, chamado AvGeek AR, desenvolvido e implementado para aquele estudo. A aplicação consistiu em várias imagens relacionadas a algumas seções do EPT – como equipamentos de segurança, localização destes equipamentos e procedimentos de emergência –, sobrepostas às informações digitais, com o intuito de aprimorar o aprendizado da tripulação de cabine. Desse modo, o objetivo do estudo foi verificar se o engajamento da tripulação de cabine pode ser aprimorado durante o treinamento por meio da realidade aumentada. Ao longo do processo de avaliação, foram distribuídos aos participantes *smartphones* com cópias do aplicativo AvGeek AR juntamente com os marcadores. Logo após, os participantes tiveram que utilizar individualmente o aplicativo, explorando todos os recursos nele presentes e passando por todos os cenários de aprendizagem. Ao final, os participantes respondiam a um questionário a fim de avaliar, em cinco níveis, oito atributos, quais sejam: objetivos, atenção, conteúdo, concentração, identidade, interação, colaboração e satisfação. O Gráfico 1 demonstra a média de pontuação por atributos encontrada com a pesquisa (GANGABISSOON; BEKAROO; MOEDEEN, 2020).



Fonte: Gangabisssoon; Bekaroo; Moedeen (2020).

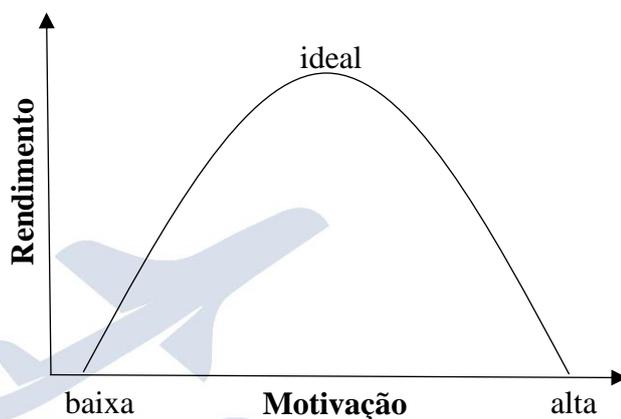
Pode ser observado que a atenção e a satisfação têm as maiores médias de pontuação, com 4,7 e 4,5 respectivamente. Após a avaliação dos resultados das altas médias por atributo, foi possível constatar o potencial da utilização da AR para melhorar o engajamento do usuário durante o EPT (GANGABISSOON; BEKAROO; MOEDEEN, 2020).

Não se limitando ao treinamento de comissários, essa tecnologia também pode ser aplicada na capacitação em manutenção de aeronaves e suporte de operações. Neste sentido, Crescenzo et al. (2011), afirmam que seu uso nestas áreas tem a finalidade de reduzir os riscos na manutenção relacionados ao fator humano. Assim, no caso da manutenção, foi desenvolvido um protótipo de tela tipo *head-mounted* que aplica os conceitos de realidade aumentada para auxiliar no treinamento. Após avaliados, os participantes que usaram o protótipo mostraram-se mais motivados para a realização de tarefas, o que acarretou um maior desempenho.

Como visto, é perceptível o efeito da satisfação ou motivação no processo de aprendizagem. Lourenço e Paiva (2010) sugerem, a partir de pesquisas, que a relação entre a aprendizagem e motivação vai além de qualquer condição pré-estabelecida – ela é recíproca; por consequência, a motivação pode produzir efeitos na aprendizagem e no desempenho, bem como a aprendizagem pode interferir na motivação.

O Gráfico 2 a seguir, exemplifica essa relação com apoio na teoria de Simon Kuznets, conhecida como 'teoria do U invertido', em que se verifica o aumento do rendimento conforme se eleva a motivação até um nível ideal antes que o rendimento caia (MAGILL, 2000).

Gráfico 2 – Rendimento – Motivação



Fonte: Magill (2000).

Para Camargo, Camargo e Souza (2019), a motivação afeta tanto a nova aprendizagem quanto o desenvolvimento de habilidades, estratégias e comportamentos já aprendidos. Por consequência, a motivação é fundamental no desempenho e no processo de aprendizagem, e sua ausência representa diminuição de qualidade e aprendizagem.

### 3.3 REALIDADE AUMENTADA: DO TREINAMENTO AO VOO

Em um estudo exploratório feito por Schaffernak et al. (2020), foram mostrados aos pilotos participantes exemplos de uso da AR em outras indústrias e, a partir disso, puderam ser identificadas áreas de potencial aplicação para a realidade aumentada na educação do piloto, como a instrução teórica, inspeção pré-voo e treinamento prático de voo. O estudo resultou no interesse pela implementação dessa tecnologia no processo de treinamento de pilotos em razão

de otimizar o conteúdo, deixando-o mais interativo, interessante e de fácil aprendizagem.

No âmbito da instrução teórica, com a finalidade de tornar o aprendizado mais dinâmico para estudantes de aviação, a professora Lori Brown, associada do *Western Michigan University (WMU), College of Aviation*, aproveitou dos benefícios da tecnologia AR para criar o *JetXplore*. Ligado aos óculos de realidade mista HoloLens, da *Microsoft*, é um sistema de aprendizagem holográfica virtual mais realista que possibilita aos estudantes verem, tocarem e sentirem os sistemas de aeronaves em sala de aula (TULIS, 2018).

Esse sistema, já em uso na WMU, permite interagir com os hologramas e modificá-los; assim, é possível obter mais interação e memória motoras para a atividade executada. Por se tratar de objetos virtuais, é possível tanto simular cenários perigosos que seriam difíceis de replicar em ambiente real, quanto criar novos cenários e equipamentos sem custos, não limitados ao espaço, que permitam treinamento em qualquer lugar e hora. Dessa forma, pode ser percebido que os alunos que experimentam visões e sensações realistas enquanto manipulam mostradores e outros controles tornam-se mais aptos a lembrar dos procedimentos exatos, como a inicialização do motor, entrada de dados de gerenciamento de voo e outras tarefas (BROWN, 2017).

Ainda que nem todos tenham acesso ao HoloLens em casa ou em sala de aula, a maioria possui um computador portátil ou *smartphone*. Com a tecnologia de reconhecimento de imagem é possível, utilizando o *smartphone*, suplementar uma mídia impressa e torná-la 3D, de forma que fique mais interativa. Por esta razão, está sendo desenvolvido no WMU *College of Aviation* um livro didático de sistemas de aeronaves que utiliza tecnologia de reconhecimento de imagem para sobrepor esses sistemas de aeronaves com cópias em realidade aumentada, de forma que os alunos interajam com as imagens do livro. Trata-se de um sistema semelhante a um código QR, bastando apontar a câmera do *smartphone* na direção da imagem para que se visualize o conteúdo oculto (BROWN, 2017).

A tecnologia AR, devido ao seu potencial de aplicação, pode ser estendida do treinamento inicial do aviador até o adotado por uma empresa de aviação

regular. No contexto das linhas aéreas, uma ferramenta de ampla utilização que abrange diversos modelos de aeronaves e que aplica o conceito AR é o *Head-Up Display* (HUD). O HUD é uma tela transparente posicionada à frente da cabeça do piloto pela qual ele recebe dados internos e externos (os mais avançados) para o gerenciamento do voo, ao mesmo tempo em que mantém a consciência situacional. O piloto, ao visualizar os dados do HUD, mantém-se com a cabeça levantada, o que justifica o termo *head-up* (SKYBRARY, 2019).

O HUD apresenta diversas melhorias em diferentes ações e atitudes de um piloto, tais como manutenção da trajetória e ângulo de aproximação, precisão do pouso, redução dos mínimos necessários de visibilidade para pouso e decolagem, consciência situacional, entre outras. À vista disto, o HUD contribui para o gerenciamento de voo, sendo comprovado empiricamente que melhora a detecção de eventos esperados, seja pelo seu *display* ou via identificação visual do ambiente externo. Os *displays* convencionais são instalados no painel da aeronave e para fazer a leitura dos dados o piloto deve abaixar a cabeça, movimento que pode diminuir a sua consciência situacional. Com o HUD, portanto, o piloto interage melhor com o ambiente e as situações ao seu redor (NICHOLSON, 2015).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou mostrar a importância que a realidade aumentada tem para o aprimoramento do treinamento de profissionais do setor aéreo frente às modernas aeronaves *glass cockpit*, ressaltando a relação desta tecnologia com a motivação e os benefícios obtidos com a sua utilização. Na pesquisa, foram apresentados exemplos de aplicação da AR, alguns já em uso, inclusive para auxiliar no treinamento de comissários, mecânicos e pilotos e outros inseridos em sua prática profissional.

A aplicação de AR como ferramenta de aprendizado coincide com as novas formas de educar, fruto das evoluções no ensino que resultaram na Educação 4.0,

cujas metodologias de sala de aula invertida são centradas no aluno, as chamadas metodologias ativas. Ao mesmo tempo em que a educação passa por transformações, o setor de aviação também evolui, especialmente suas aeronaves cujos avanços tecnológicos culminaram nas *glass cockpit*. Para as operações de tais aviões, verificou-se que novas habilidades dos pilotos são requeridas e que neste processo de aprendizagem e treinamento surge como ferramenta a realidade aumentada.

Desta forma, constatou-se o interesse por parte dos pilotos para a implementação dessa tecnologia no treinamento teórico e prático em razão de otimizar o conteúdo, deixando-o mais interativo, interessante e fácil de aprender. Também foi observado em termos práticos que a AR simula cenários perigosos e difíceis de serem replicados em ambiente real, levando o piloto-aluno à interação motora e à memorização da atividade realizada, de modo que consiga lembrar procedimentos, gerenciamentos e outras tarefas.

Ademais, a pesquisa identificou que o uso de AR abrange outros profissionais do setor, como os comissários, visto que, segundo estudos, a adoção da AR no treinamento de EPT resultou em altas médias de atributos como atenção e satisfação. Os resultados animadores decorrem da interatividade do participante com o conteúdo, gerando maior atenção, melhor experiência e mais motivação. A pesquisa também constatou o ganho de motivação e seu relevante papel no processo de aprendizagem, sendo que quanto maior a motivação, maior o rendimento.

Desse modo, a hipótese de que a AR pode ser utilizada de modo a aprimorar o treinamento do pessoal do setor aéreo não só se confirma, como se estende à atuação profissional dos pilotos e aos *cockpits* de suas aeronaves, os quais, dotados de tecnologia HUD, oferecem eficiência e segurança nas mais diversas condições.

Por fim, essa pesquisa reforça o uso da AR em ambientes de ensino e treinamento nacionais na expectativa de promover mais discussões acerca do tema com vistas ao desenvolvimento de projetos educacionais voltados para a

implementação dessa tecnologia em cursos de Ciências Aeronáuticas ou aéreas afins, bem como em escolas homologadas.

## REFERÊNCIAS

ALIYU, F.; TALIB, C. A. Integration of augmented reality in learning chemistry: a pathway for realization of industrial revolution 4.0 goals. **Journal of Critical, Kuala Lumpur Reviews**, Kuala Lumpur, v. 7, n. 7, p. 854-859, 2020.

AIRBUS. **Airbus develops world's first Mixed Reality Trainer for A350 XWB**. Disponível em: <https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2017/11/airbus-develops-worlds-first-mixed-reality-trainer-for-a350-xwb.html>. Acesso em: 01 maio 2021.

AZUMA, R. et al. Recent advances in augmented reality. **IEEE Computer Graphics and Applications**, New York, v. 21, n. 6, p. 34-47, nov./dec. 2001.

BAA TRAINING. **Cabin crew: safety comes first**. Disponível em: <https://www.baatraining.com/cabin-crew-safety-comes-first/>. Acesso em: 23 abr. 2021.

BOBOC, R. G.; GÎRBACIA, F.; BUTILĂ, E. V. The application of augmented reality in the automotive industry: a systematic literature review. **Applied Sciences**, Basileia, v. 10, n. 12/4259, 2020.

BROWN, L. Augmenting the next generation of aviation professionals training with holograms. **ICAO Training Report, Montreal**, v. 7, n. 3, p. 22-25, 2017.

CAMARGO, C. A. C. M.; CAMARGO, M. A. F.; SOUZA, V. O. A importância da motivação no processo ensino-aprendizagem. **Revista Thema**, Pelotas, v. 16, n. 3, p. 598-606, 2019.

CRAIG, A. B. **Understanding Augmented Reality: concepts and applications**. Waltham: Morgan Kaufmann, 2013.

CRESCENZIO, F. et al. Augmented Reality for Aircraft Maintenance Training and Operations Support. **IEEE Computer Graphics and Applications**, New York, v. 31, n. 1, jan./feb. 2011.

DIEGMANN, P. et al. Benefits of augmented reality in educational environments – a systematic literature review. *In*: 12th International Conference on

185

Wirtschaftsinformatik, 2015, Osnabruque. **Anais...** Osnabruque: Wirtschaftsinformatik Proceedings, 2015, p. 1542-1556.

DORNAN, W. A. et al. Best evidence for the FAA industry training standards (FITS) program for pilot training in technically advanced aircraft. **Collegiate Aviation Review**, Memphis, v. 24, n. 1, p. 58-66, 2006.

DREAM FORMULA EDUCATION. **Where is a century-old education model leading us to?** Disponível em: <https://www.dreamformula.education/edu4>. Acesso em: 18 abr. 2021.

ECKERT, M.; VOLMERG, J. S.; FRIEDRICH, C. M. Augmented reality in medicine: systematic and bibliographic review. **JMIR Mhealth Uhealth**, Toronto, v. 7, n. 4, abr. 2019.

FARIAS, F. L. N. **Parâmetros para a avaliação de competências subjetivas na formação do piloto comercial: avião**. 2014. Monografia (MBA em Inteligência de Negócios) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Technically Advanced Aircraft (TAA) Safety Study**. Washington: Federal Aviation Administration, 2003.

FONTES, R. S.; FAY, C. M.; Formação por competência: discutindo a formação de pilotos no Brasil. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, v. 46, n. 162, p. 1148-1170, out./dez. 2016.

FRIGO, M. A.; SILVA, E. C. C.; BARBOSA, G. F. Augmented reality in aerospace manufacturing: a review. **Journal of Industrial and Intelligent Information**, v. 4, n. 2, p. 125-130, mar. 2016.

GANGABISSOON, T.; BEKAROO, G.; MOEDEEN, W. Application of augmented reality in aviation: improving engagement of cabin crew during emergency procedures training. *In*: 2nd International Conference on Intelligent and Innovative Computing Applications, 2020, Nova Iorque. **Anais...** New York, Middlesex University, 2020.

GIGLIOLI, I. A. C. et al. Augmented reality: a brand new challenge for the assessment and treatment of psychological disorders. **Computational and Mathematical Methods in Medicine**. v. 2015, 2015.

GLOCKNER et al. Augmented reality in logistics. **DHL Customer Solutions & Innovation**, Alemanha, 2014.

INES, P. **Training and security in the aviation industry**. 2017. Tese (Business Administration in Tourism, Hotel Management and Operations) – Modul University Vienna, Viena, 2017.

JUNIOR, M. J. A.; MENDONÇA, D. C. M.; LEITE, A. P. M. Uso da realidade virtual e da realidade aumentada como ferramentas para aprendizagem. *In: Jornada de Linguagens, Tecnologia e Ensino, 2019, Timóteo. Anais...* Timóteo: CEFET-MG, 2019, p. 115-122.

KESIM, M.; OZARSLAN, Y. Augmented reality in education: current technologies and the potential for education. **Procedia – Social and Behavioral Sciences**, Amsterdã, v. 47, p. 297-302, ago. 2012.

KIM, S. et al. **Gamification in learning and education: enjoy learning like gaming.** Cham: Springer, 2018.

KIRNER, C.; KIRNER, T. G. Evolução e tendências da realidade virtual e da realidade aumentada. *In: XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2011, Uberlândia. Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências.* Uberlândia: SBC – Sociedade Brasileira de Computação, 2011, p. 10-25.

LOURENÇO, A. A.; PAIVA, M. O. A. A motivação escolar e o processo de aprendizagem. **Ciências e Cognição**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 132-141, 2010.

LUO, X. et al. Integration of augmented reality and assistive devices for post-stroke hand opening rehabilitation. *In: Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, 2005, Xangai. Anais....* New York: IEEE Computer Graphics and Applications, 2005, p. 6855-6858.

MAGILL, R. A. **Aprendizagem motora: conceito e aplicações.** São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

MAKRIDES, G. A. The evolution of education from education 1.0 to education 4.0: is it an evolution or a revolution? *In: Beer-Sheva College of Education in Israel, 2019, Berseba. Anais...* Berseba: L-Cloud: Developing Tomorrow's Cloud Education Leaders, mar. 2019.

MANN, S. **Why do 60% of students find their lectures boring?** Disponível em: <https://www.theguardian.com/education/2009/may/12/university-teaching>. Acesso em: 27 abr. 2021.

MILGRAM, P. et al. Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. **SPIE**, Bellingham, v. 2351, p. 282-292, dez. 1995.

NICHO, R. J. Airline head-up display systems: human factors considerations. **International Journal of Economics & Management Sciences**, Bruxelas, v. 4, n. 5, 2015.

ONIRIA. **O que é realidade aumentada para treinamentos corporativos.** Disponível em: <https://oniria.com.br/o-que-e-realidade-aumentada-para-treinamentos-corporativos/>. Acesso em: 15 abr. 2021.

RICHARDSON, T. et al. Fusing Self-Reported and Sensor Data from Mixed Reality Training. In: Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference, 2014, Orlando. **Industrial and Manufacturing Systems Engineering Conference Proceedings and Posters**. Orlando: Iowa State University, n. 14158, dez. 2014.

RONDON, M. H.; CAPANEMA, C. F.; FONTES, R. S. Próxima geração da aviação profissional: competências essenciais para o aprimoramento da profissão do piloto no Brasil. **Revista Conexão SIPAER**, Brasília, v. 4, n. 2, p. 5-19, dez. 2013.

SCHAFFERNAK, H. et al. Potential augmented reality application areas for pilot education: an exploratory study. **Education Sciences**, Baliléia, v. 10, n. 4/86, 2020.

SKYBRARY. **Head up display**. Disponível em: [https://www.skybrary.aero/index.php/Head\\_Up\\_Display#:~:text=A%20HUD%20-%20Head%20Up%20Display,ahead%20out%20of%20the%20aircraft](https://www.skybrary.aero/index.php/Head_Up_Display#:~:text=A%20HUD%20-%20Head%20Up%20Display,ahead%20out%20of%20the%20aircraft). Acesso em: 27 abr. 2021.

TORI, R.; HOUNSELL, M. S. (org.). **Introdução à Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2018.

TULIS, D. **Aviation professor bridges real, artificial worlds**: JetXplore holographic learning enhances training. AOPA – Aircraft Owners and Pilots Association, 12 março 2018. Disponível em: <https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2018/march/12/aviation-professor-bridges-real-artificial-worlds>. Acesso em: 27 abr. 2021.

YOUNG, J. P.; FANJOY, R. O.; SUCKOW, M. W. Impact of glass cockpit experience on manual flight skills. **Journal of Aviation/Aerospace Education & Research**, Daytona Beach, v. 15, n. 2, p. 27-32, set. 2006.

ISSN 2763-7697