

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AERONÁUTICAS

**AVIAÇÃO CIVIL E O USO DA REALIDADE ESTENDIDA ENQUANTO RECURSO
PEDAGÓGICO DE ENSINO-APRENDIZAGEM**

GOIÂNIA
2022

PEDRO HENRIQUE BARBOSA DA SILVA MEDEIROS

**AVIAÇÃO CIVIL E O USO DA REALIDADE ESTENDIDA ENQUANTO RECURSO
PEDAGÓGICO DE ENSINO-APRENDIZAGEM**

Artigo Científico apresentado à Pontifícia
Universidade Católica de Goiás como exigência
parcial para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Aeronáuticas.

Professora Orientadora: Esp. Tammyse Araújo da Silva.

GOIÂNIA
2022

PEDRO HENRIQUE BARBOSA DA SILVA MEDEIROS

**AVIAÇÃO CIVIL E O USO DA REALIDADE ESTENDIDA ENQUANTO
RECURSO PEDAGÓGICO DE ENSINO-APRENDIZAGEM**

GOIÂNIA-GO, 15/6/2022.

BANCA EXAMINADORA

Esp. Tammyse Araújo da Silva _____ CAER/PUC-GO _____
Assinatura Nota

Dra. Nagi Hanna Salm Costa _____ IBAC _____
Assinatura Nota

Esp. William de Carvalho Xavier _____ CAER/PUC-GO _____
Assinatura Nota

A AVIAÇÃO CIVIL E O USO DA REALIDADE ESTENDIDA ENQUANTO RECURSO PEDAGÓGICO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

CIVIL AVIATION AND THE USE OF EXTENDED REALITY AS A TEACHING- LEARNING PEDAGOGICAL RESOURCE

Pedro Henrique Barbosa da Silva Medeiros¹
Tammyse Araújo da Silva²

RESUMO

Embora relevantes mudanças tenham ocorrido em diferentes campos da sociedade, na educação, de forma geral e sobretudo no Brasil, o ensino ainda é pautado em métodos tradicionais cujo aprendizado está centrado no docente e na transmissão de conteúdos para o estudante. Isso posto, e considerando a área da aviação civil, esta pesquisa tem como objetivo verificar a viabilidade da inserção da Realidade Estendida (XR) como ferramenta pedagógica de ensino-aprendizagem que atenda aos novos paradigmas da educação, estimulando a postura proativa do aluno-piloto. Também é objeto de estudo averiguar a viabilidade financeira da aplicabilidade dessas tecnologias em cursos de aviação civil. Para alcançar tais objetivos, foi adotada uma metodologia de natureza básica de abordagem qualitativa, com a utilização de procedimentos documental e bibliográfico. Assim, foi possível constatar que aulas ministradas com o auxílio das Realidades Virtual, Aumentada e Mesclada já são realidade no treinamento de pilotos civis em ambiente universitário. Por outro lado, como a inserção da Realidade Estendida também depende de fatores como parcerias com empresas de desenvolvimento, investimentos em máquinas e equipamentos e capacitação técnica, estas considerações tornam-se relevantes para a verificação de sua viabilidade. Assim, a partir da análise de artigos publicados a respeito do tema, verificou-se que a utilização da XR como recurso pedagógico já é realidade nos cursos da Universidade Aeronáutica Embry-Riddle, renomada universidade de aviação civil estadunidense, que viabilizou sua implementação por meio de parcerias firmadas com cursos de desenvolvimento da própria instituição. Como reiteração desses bem-sucedidos usos, entende-se que a criação de laboratórios XR promoveria maior capacitação aos futuros pilotos e possibilitaria o desenvolvimento de atividades de acordo com o ritmo do estudante. Ademais, promoveria a interação do aluno ao estimular a sua participação ativa, sem restringir o prosseguimento de experiências ao período da aula regular ou replicar o estresse físico do voo. Destarte, a pesquisa conclui que o emprego da Realidade Estendida na área educacional para a formação de pilotos civis é benéfico, levando os futuros profissionais a desenvolverem competências e habilidades necessárias para o comando de aeronaves, demandando, entretanto, investimento em diferentes níveis. À vista disso, a hipótese de que o emprego da Realidade Estendida como ferramenta pedagógica de ensino-aprendizado na aviação civil seria possível se confirma, pois já há exemplos práticos da sua aplicabilidade e de seus resultados. De outra parte, a realização de parcerias e os recursos técnicos são fundamentais para tal aplicabilidade, o que poderia ser mais viável às universidades, já que estas podem oferecer internamente recursos intelectuais/tecnológicos. Isso considerado, sugere-se como pesquisa futura verificar

¹ Graduando em Ciências Aeronáuticas, Piloto Privado. Endereço eletrônico: phbmedeiros@Icloud.com.

² Especialista em Docência Universitária pela Universidade Católica de Goiás. Graduanda em Ciências Aeronáuticas pela UnisulVirtual. Professora da Escola Politécnica no curso de Ciências Aeronáuticas da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. EC-PREV pelo CENIPA. Credenciada no SGSO pela ANAC e pela Infraero. Endereço eletrônico: tammyse@hotmail.com/tammyse@pucgoias.edu.br.

modos de estímulo para se trabalhar com XR em cursos superiores de desenvolvimento de softwares.

Palavras-Chaves: Realidade Estendida; Proatividade do aluno; Habilidades; Competências.

ABSTRACT

Although relevant changes have occurred in several areas of society, in education, in general, and especially in Brazil, teaching is still guided by traditional methods which learning is centered on the teacher and on the mere transmission of content to the student. Considering this, and bearing in mind the civil aviation field, this research aims to verify the viability of the Extended Reality (XR) as a teaching-learning pedagogical tool that meets the new paradigms of education, stimulating the pilot student's proactivity. It is also an object of study to verify the financial feasibility of these technologies' applicability in civil aviation training. To reach the proposed objectives, a methodology of a basic nature and qualitative approach was adopted, by using documentary and bibliographic procedures. It was possible to verify that classes taught with Virtual, Augmented and Mixed Realities help are already a reality in civilian pilots training in a university environment. On the other hand, considering that Extended Reality implementation also depends on factors such as partnerships with development companies, investments in machinery and equipment and technical training, these considerations become relevant for the analysis of its feasibility. Thus, from the analysis of articles about the subject, it was found that the XR using as a pedagogical resource is already a reality in courses at the Embry-Riddle Aeronautical University, a renowned American civil aviation university, which enabled its implementation through partnerships signed with own institution's development courses. As a reiteration of these successful uses, it is understood that creation of XR laboratories could promote more comprehensive training for future pilots and would enable the development activities according to the student's pace. Furthermore, it would promote student interaction by encouraging their active participation, without restricting the continuity of experiences to the regular class period or replicating physical stress of flying. In conclusion, the research points out that Extended Reality using in the educational area for civil pilots training is beneficial, leading future professionals to develop necessary skills and abilities for the command of aircraft, demanding, however, investment at different levels. In view of this, the hypothesis that the use of Extended Reality as a pedagogical teaching-learning tool in civil aviation would be possible is confirmed, as there are already practical examples of its applicability and results. On the other hand, partnerships and technical resources are fundamental for such implementation, which could be more viable for universities since they can offer intellectual/technological resources. It is suggested as future research to verify ways of stimulating to work with XR in university's courses of software development.

Keywords: *Extended Reality; Student proactivity; Skills.*

INTRODUÇÃO

Ao longo da história, o emprego de tecnologias foi primordial para a transformação de setores da sociedade. No entanto, na esfera educacional e de forma generalizada, as metodologias de ensino-aprendizagem preponderantes ainda são as mesmas de séculos atrás, em que o indivíduo assume um comportamento passivo, apenas absorvendo o que lhe é

transmitido. Porém, o ensino em algumas profissões acaba por exigir o emprego de diferentes métodos, como é o caso da aviação civil, cujo dinamismo e contexto atual acabam por expor a necessidade de mudanças que levem ao desenvolvimento de habilidades e competências únicas para o piloto de aeronaves.

Diante desse cenário, estudos baseados no advento de novas tecnologias demonstram que estas podem ser usadas como recursos complementares para o aprendizado. É o caso das tecnologias imersivas que, além de incentivar o aprendizado ativo, desenvolvem a capacidade da tomada de decisão intuitiva e o envolvimento do estudante com a tarefa.

Em vista disso, o presente estudo tem como objetivo verificar a tendência de inserir tecnologias baseadas na Realidade Estendida no ensino voltado à aviação civil com o intuito de provocar uma mudança na postura do aluno em sala de aula, tornando-o mais proativo. Além disso, busca-se compreender os benefícios da aplicabilidade dos recursos para o desenvolvimento de competências essenciais a profissão de piloto civil.

Para alcançar estes objetivos, em termos de metodologia, aplica-se a natureza básica da pesquisa, a partir de uma abordagem qualitativa e de procedimentos documental e bibliográfico. Por intermédio do método, o estudo pauta-se em autores como Le Boterf, Logeswaran, Rondon, Milgram, entre outros, além da consulta a informações dos grupos Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) e Universidade Aeronáutica Embry-Riddle.

A partir da metodologia aplicada, a pesquisa estrutura-se em três seções. A primeira discorre sobre os atuais métodos empregados na educação aeronáutica. Também contextualiza a necessidade de novas abordagens para a formação de habilidades e competências para os pilotos civis. A seção seguinte demonstra, por meio de exemplos práticos, a viabilidade do emprego de realidades imersivas no que tange à educação aeronáutica. Por fim, na terceira seção, são apresentadas as considerações finais.

Ao final deste estudo, é esperado que se tenha um entendimento dos benefícios associados à aplicabilidade da Realidade Estendida para a formação de pilotos civis.

1 PERSPECTIVAS ACERCA DO ENSINO E REALIDADES IMERSIVAS APLICADAS AO SETOR AERONÁUTICO

1.1 Ensino no âmbito da aviação civil, do mero aprendizado à formação por competências

Embora a sociedade, em geral, tenha nas últimas décadas presenciado relevantes mudanças culturais, políticas e socioeconômicas, muitas dessas metamorfoses impulsionadas pelos avanços tecnológicos (ANGOTTI; AUTH, 2001), o ensino ainda é uma área pautada em métodos convencionais e, desta forma a metodologia de ensino tradicional ainda é preponderante, sobretudo para as classes de baixa renda. Significa dizer que o ensino-aprendizagem ainda está centrado no docente e na transmissão de conteúdos, o que leva os estudantes a manterem uma postura passiva, apenas recebendo e memorizando as informações em uma atitude de reprodução (DIESEL; BALDEZ; MARTINS, 2017).

Para Weintraub, Hawlitschek e João (2011), contra o método tradicional de ensino pesa como desvantagem para o docente a dificuldade de explicar a prática por meio de aulas expositivas, assim como para o aluno torna-se difícil pensar na aplicabilidade da teoria exposta. Desse modo, os autores e Oliveira et al. (2012) reiteram que o método tradicional deve ser complementado com outros métodos de ensino.

Na mesma linha, os novos paradigmas da educação consideram o ensino-aprendizado um processo que busca no estudante uma postura proativa que o leve a desenvolver habilidades e competências capazes de promover o conhecimento pleno e o domínio de conteúdos para a fundamentação de análises críticas (GEERTSHUIS; JUNG; COOPER-THOMAS, 2014).

Neste sentido, diversas profissões estão sujeitas a diferentes modalidades de ensino, as quais carecem de constantes modificações (RANGEL, 2014). É o caso das áreas médicas, psicológicas e da aviação civil. Neste último exemplo, essas transformações foram pensadas em 2006, quando fora incluída, no documento intitulado Anexo 1 (Licença de Pessoal) da Organização da Aviação Civil Internacional (OACI)³, a licença de Piloto de Tripulação Múltipla⁴, após questionamentos de companhias aéreas ao redor do mundo acerca da necessidade de se aprimorar as estruturas tradicionais de treinamento, fazendo o uso de modernas tecnologias e metodologias de ensino aprendizagem. Contudo, sua implantação foi vista com ressalvas no meio aeronáutico, sobretudo no Brasil (FONTES; FAY, 2016).

Em razão desses novos requisitos, a natureza dinâmica do setor aeronáutico demanda, habilidades e competências únicas, especialmente por parte do piloto, que não são desenvolvidas via mera assimilação passiva de conteúdo. Portanto, o processo de ensino-

³ *International Civil Aviation Organization (ICAO)*.

⁴ *Multi-crew Pilot Licence (MPL)* é uma licença introduzida em 2006, no documento intitulado Anexo 1 da ICAO⁴, após questionamentos de companhias aéreas do mundo todo de que o caminho tradicional de treinamento poderia ser melhorado utilizando modernas tecnologias e metodologias de ensino (FONTES; FAY, 2016).

aprendizado neste setor deve centrar-se em formar profissionais capazes de fazer o uso de conhecimentos adquiridos em situações críticas, não previstas em procedimentos padronizados (LE BOTERF, 2003).

Rondon, Capanema e Fontes (2014) reiteram que, com a automação das aeronaves modernas, é possível identificar uma diminuição na utilização das habilidades motoras do piloto em comparação a décadas atrás e um aumento da necessidade de se empregar habilidades cognitivas para a realização de operações aéreas que este profissional deve dominar, o que evidencia a urgência de mudanças.

Leahy e Scott (2021) corroboram com essa ideia ao afirmarem que os atuais métodos empregados para orientar a formação e o treinamento dos pilotos são inadequados por não promoverem o desenvolvimento de competências necessárias para operar uma aeronave. Segundo os autores, o momento de pandemia vigente deveria ser aproveitado para que houvesse uma reformulação.

Sobre o aprendizado, Le Boterf (2003) considera que o sistema cognitivo não funciona como um computador numérico, e pensar não se reduz ao encadeamento de um conjunto de operações lógicas. Por isso, o homem, independentemente da complexidade que o sistema apresentar e com vistas a diminuir as possibilidades de falhas, deve ser capaz de assumir o controle e responder de maneira eficaz ao estado indesejado, caso ocorra.

Para atuações concisas e precisas dos pilotos, é primordial que os profissionais responsáveis pelo seu ensino e treinamento atentem-se para o desenvolvimento de algumas habilidades essenciais às operações aéreas, como, por exemplo, atitudes que os direcionem a um estado de consciência situacional permanente (FONTES; FAY, 2016).

Segundo Le Boterf (2003), para que haja competência, é necessário que se faça o uso de diversos recursos (conhecimentos, capacidades cognitivas e relacionais, entre outros). Para o autor, a competência é a condição do profissionalismo. Na mesma linha, Perrenoud et al. (2002) salientam que as formas de realização das competências são denominadas habilidades.

A habilidade ou a capacidade para realizar operações podem ser descritas como condutas, métodos ou instrumentos cuja aplicação prática o profissional domina, podendo ser aprimorada por meio de treinamentos e da prática (LE BOTERF, 2003). A partir do estudo de habilidades, há a possibilidade de se analisarem três classes: as habilidades perceptuais, as motoras e as cognitivas (PERRENOUD et al., 2002).

As habilidades perceptuais podem ser descritas como a capacidade do indivíduo em processar e distinguir informações visuais além de estímulos como odores e luzes e de reconhecer algo previamente apresentado (DERRI et al., 1998).

As habilidades motoras são associadas à competência de obter bons resultados em atividades que requeiram complexos movimentos físicos, de forma a ser possível uma adequada integração do corpo com os estímulos e demandas do ambiente (PROCTOR; DUTTA, 1995; WELFORD, 1976; RESEARCH INTEGRATIONS INC, 2003: apud RONDON, 2012). Quanto às habilidades cognitivas, *Research Integrations Inc.* (2003) apud Rondon (2012) considera que se trata do processo mental do homem para a realização, de maneira eficaz, eficiente e segura, de determinada atividade.

A necessidade de mudança no quadro de formação de pilotos civis, em especial, devido às constantes e contínuas evoluções no mundo tecnológico, aponta, portanto, para a urgência de se repensar as políticas educacionais para o aprimoramento desses aeronautas na utilização das novas ferramentas de trabalho e no novo e mais complexo ambiente de voo no qual estão inseridos, desde o primeiro momento da formação do piloto (DEKKER, 2006).

1.2 Uma nova abordagem metodológica para a educação formadora de competências por meio de ferramentas imersivas

Para Souza e Dourado (2015), em contraposição ao método tradicional, algumas estratégias metodológicas de ensino diferenciadas vêm sendo desenvolvidas por professores que acreditam ser possível promover mudanças em suas práticas pedagógicas tendo em vista uma aprendizagem significativa. Logeswaran et al. (2021), em complemento, discorrem sobre o conceito de aprendizagem experiencial e afirmam que a aquisição de conhecimento é potencializada em ambientes nos quais o aluno possa explorar, experimentar e assimilar novas informações no contexto do que ele já sabe.

Conforme observado por Johnsen et al. (2007), em pesquisas que visavam verificar o aprendizado efetivo e a transferência do aprendizado a partir da utilização de ambientes baseados em Realidades Imersivas, como a Realidade Virtual (RV)⁵ e a Aumentada (RA)⁶, a utilização dessas ferramentas, se bem-feitas, pode contribuir para aumentar a motivação do aprendizado em salas de aula.

De acordo com Pantelides (1995) e Edwards (1996) apud Aureliano Júnior, Mendonça e Leite (2019), a Realidade Estendida (XR)⁷ apresenta alguns fatores tidos como vantagem, por

⁵ *Virtual Reality.*

⁶ *Augmented Reality.*

⁷ *Extended Reality.*

exemplo, motivar os usuários, promover a ilustração mais eficiente que outras mídias, bem como permitir a acessibilidade a portadores de alguma deficiência. Além disso, com a utilização de XR é possível ao estudante desenvolver atividades em seu próprio ritmo, promover a interação, estimulando a participação ativa do aluno, e não restringir o prosseguimento de experiências ao período da aula regular.

Suh e Prophet (2018) apud Logeswaran et al. (2021) estabeleceram, por meio do esquema Estimulo-Organismo-Resposta (SOR)⁸, as interações e respostas que ocorrem entre o usuário e a tecnologia estendida considerando o Estímulo, Organismo e Resposta. O Estímulo corresponde a qualquer modalidade que inicie um processo cognitivo ou afetivo. O Organismo está relacionado à avaliação interna realizada pelo usuário, ao passo que a Resposta representa os resultados do uso de tecnologia imersiva. O esquema SOR pode ser visto na figura 1 a seguir:

Figura 1 – Modelo Estímulo-Organismo-Resposta (SOR)



Fonte: adaptado de Suh e Prophet (2018) apud Logeswaran et al. (2021).

Acerca dos Estímulos, o perceptual refere-se à capacidade do sistema em detectar a entrada de um usuário e, assim, responder. A Realidade Estendida permite aos usuários interagir com o material de aprendizado a partir de uma variedade de modalidades únicas. Kyaw et al. (2019) analisaram o papel da Realidade Virtual na educação médica e concluíram que os altos níveis de interatividade entre os participantes foram associados à maior absorção de conhecimento e aquisição de habilidades, podendo ser observado em uma variedade de domínios, incluindo anatomia, ultrassonografia e simuladores cirúrgicos.

Com relação ao Organismo, a reação cognitiva está atrelada à imersão e refere-se à capacidade da informação sensorial de um sistema em reproduzir a realidade e permitir o engajamento do usuário. A imersão é muitas vezes considerada como a vantagem mais significativa das Realidades Imersivas quando comparada aos métodos tradicionais de ensino-aprendizagem (DUGDALE, 2020).

⁸ *Stimuli-Organism-Response* (SOR).

Segundo Logeswaran et al. (2021), sobre a Resposta, os resultados positivos da utilização de Realidade Estendida estão atrelados à eficácia da aprendizagem. Faz-se necessário, portanto, validar⁹ se o *software* de tecnologia XR está produzindo os resultados de aprendizagem desejados.

Dede (2009) reitera que a Realidade Estendida tem a vantagem única de dar aos usuários a liberdade de explorar o conhecimento e os ambientes através de meios geralmente não concedidos pelos métodos tradicionais. Como, por exemplo, a capacidade observar situações por pontos de vista egocêntricos e exocêntricos. Quando o usuário está presente em um ambiente virtual, lhe é permitido compreender um problema a partir de dentro da situação (egocêntrica) ou de fora (exocêntrica). Visões egocêntricas auxiliam na aquisição de conhecimento, enquanto exocêntricas melhoram o pensamento lateral.

1.3 Realidade Estendida: conceito e aplicabilidade

Segundo Kiger (2020), embora seja uma tecnologia recente, a Realidade Estendida há muito se encontra no imaginário popular. Foi no final da década de 1970, no entanto, que pesquisadores do Instituto de Tecnologia de Massachusetts¹⁰ desenvolveram uma simulação de mapeamento de RV que permitia aos usuários se mover pelas ruas de Aspen, Colorado.

No início dos anos 1990, especialistas da Boeing desenvolveram o primeiro aplicativo AR que orientava os trabalhadores de montagem de aeronaves sobre procedimentos de como instalar a fiação. Desde então, os dispositivos XR ficaram cada vez mais miniaturizados e se tornaram usáveis (KIGER, 2020).

A XR é, na verdade, um termo abrangente referente às tecnologias imersivas, incluindo as já existentes – Realidades Virtual, Aumentada e Mesclada (MR). Por serem tecnologias relativamente recentes e não tão conhecidas, faz-se necessário evidenciar suas diferenças por meio de suas características e de suas subdivisões (MARR, 2021).

A Realidade Virtual consiste em uma tecnologia totalmente imersiva, que ludibria os sentidos humanos fazendo com que o indivíduo acredite estar em um ambiente diferente ou até mesmo em um mundo destoante do real. Trata-se de uma tecnologia constituída de três características principais: perspectivas de primeira (às vezes terceira) pessoa dentro do cenário;

⁹ Por ‘validar’ entende-se como “o processo de determinar o grau em que um modelo é uma representação precisa do mundo real a partir da perspectiva de seus usos pretendidos” (SORNET; DAVIS, 2007 apud LOGESWARAN et al. 2021, p. 82).

¹⁰ *Massachusetts Institute of Technology*.

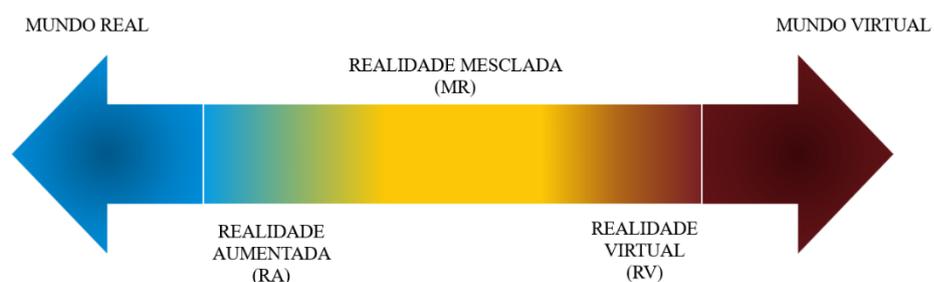
interação em tempo real com um ambiente virtual; submersão total do usuário com o ambiente virtual (LOGESWARAN et al., 2021).

Para Logeswaran et al. (2021), a Realidade Aumentada é a tecnologia que sobrepõe o mundo real com dados digitais, deste modo, ela mantém o mundo real como centro, mas o aprimora com outros detalhes digitais, acrescentando novas camadas de percepção e complementando sua realidade ou seu ambiente.

A Realidade Mesclada, por sua vez, une o mundo real a elementos digitais. Tal tecnologia oferece a possibilidade de interação com itens e ambientes físicos e virtuais e manipulação, sendo uma mescla dos dois anteriores, utilizando tecnologias de detecção e imagem. Neste sentido, Logeswaran et al. (2021) a definem como sendo uma integração perfeita de ambientes das duas tecnologias anteriormente citadas.

Milgram et al. (1994) conseguiram por meio de um *continuum*¹¹, representar a diferenciação entre o ambiente real e o virtual, apresentando limites entre esses por meio de uma série de outras definições que englobam a realidade mesclada e suas ramificações, de modo a demonstrar, em uma perspectiva mais palpável, de que forma se encaixaria cada um desses conceitos, quando se considera como referencial dois extremos: o real e o virtual. A diferenciação está representada na Figura 2 a seguir:

Figura 2 – *Continuum* de Milgram et al.



Fonte: adaptado de Milgram et al. (1994).

¹¹ *Continuum*: representação de algo que muda de caráter gradualmente ou em etapas muito leves, sem pontos de divisão claros (CAMBRIDGE DICTIONARY, s. d.).

Nas duas extremidades são representados o ambiente real, que corresponde à realidade sem o uso de tecnologias, e o ambiente virtual, que representa o pleno uso das ferramentas tecnológicas, sem conexão com a realidade. Neste ponto, a Realidade Aumentada segue ao encontro para o ambiente real, por ter a realidade como plano principal, embora apresente elementos virtuais. E a Virtualidade Aumentada para o ambiente virtual, por ter este como prioridade, mesmo usando recursos não fictícios. O ponto de intersecção entre a Realidade Aumentada e a Virtualidade Aumentada corresponde à Realidade Mesclada por ser uma mescla entre essas (MILGRAM et al., 1994).

2 APLICABILIDADE DA REALIDADE ESTENDIDA EM CURSOS DE AVIAÇÃO CIVIL: PERSPECTIVAS

2.1 Recursos tecnológicos enquanto ferramentas aplicadas à formação de aeronautas

Segundo Reweti, Gilbey e Jeffrey (2017), pesquisas sobre o uso de simuladores de voo como ferramenta formadora de pilotos em centros de treinamento demonstram sua eficácia no que tange ao aprendizado e às práticas de procedimentos e manobras, especialmente relacionadas ao voo por instrumentos (IFR)¹².

De acordo com estudos de Hight et al. (2021), comparando o desempenho acadêmico de alunos pilotos que aprenderam manobras em RV ou usando simulação 2D baseada em computador, indicou-se que o treinamento em ambiente imersivo de RV não prejudicou o domínio; além disso, ambos os grupos indicaram que a simulação era o meio preferido para aprender manobras de treinamento de voo em oposição a materiais de leitura, vídeos e instruções presenciais.

A título de exemplo, em 2021, um grupo de estudantes de Ciência da Simulação, Jogos e Animação¹³ (SSGA) da Universidade Aeronáutica Embry-Riddle (FL, USA)¹⁴ desenvolveu hologramas de RA, gerando modelos 3D da aeronave CRJ-700, da empresa canadense Bombardier. A experiência funcionou a partir do uso dos óculos HoloLens 2, da Microsoft, e permitiu a exploração e interação do aluno com a aeronave, ao mesmo tempo em que colaborou no ambiente familiar da sala de aula com colegas da vida real (CAVALIERE, 2021) Fisher

¹² *Instrument Flight Rules.*

¹³ *Simulation Science, Games and Animation.*

¹⁴ *Embry-Riddle Aeronautical University.*

(2021) reforça essa ideia, afirmando que, embora a RV possa fornecer uma experiência alternativa mais imersiva, a RA oferece oportunidades para se concentrar na interação com o jato gerado por computador enquanto colabora no ambiente da sala de aula, com colegas da vida real.

Segundo Cavaliere (2021), outros projetos de holograma em desenvolvimento seriam ainda mais interativos e possibilitariam a exploração do *cockpit*¹⁵, além da manipulação de botões, interruptores e controles como fariam na realidade, possibilitando até mesmo a visão das mãos do usuário.

Resultados preliminares de um novo programa de treinamento intitulado “VR-first” demonstraram números positivos. Entre 58 alunos, o tempo para a realização do primeiro voo solo fora reduzido em 30%, o que pode ajudar a acelerar o fluxo de pilotos treinados para a força de trabalho. Foram também relatadas pelos pilotos instrutores vantagens de segurança. Após quatro semanas de treinamento intensivo em plataformas de RV hiper-realistas, constatou-se que os alunos demonstram mais preparação e confiança ao entrarem em aeronaves de treinamento (PINHOLSTER, 2022).

Pinholster (2022) reitera que no programa os alunos iniciantes utilizam suas primeiras quatro semanas aprendendo procedimentos de pré-voo, *checklists*¹⁶ e voo em ambientes exclusivos de RV desenvolvidos pela Universidade e seus parceiros desenvolvedores, complementando os aprendizados obtidos através de simuladores e atividades orais, concentrando-se em um processo de aprendizado de três etapas – ler, assistir e fazer.

Uma outra funcionalidade do programa a ser obtida pelos alunos é o domínio do Inglês Técnico da aviação por meio de um laboratório virtual de Controle de Tráfego Aéreo (ATC), em que alunos acompanham um vídeo em 360 graus de um voo real com um instrutor virtual que explica o que está sendo dito no rádio e como isso corresponde às ações que o aluno deve realizar (PINHOLSTER, 2022).

Os alunos podem praticar falando no rádio em outro treinamento de RV: o Treinador de Fraseologia de Piloto, ferramenta desenvolvida pela Tecnologia de Simulação Avançada inc. (ASTi)¹⁷, sediada em Herndon, Virginia (USA). A tecnologia ajuda os alunos a praticarem chamadas de rádio em seu próprio ritmo, concentrando-se na audição repetitiva e na precisão da fala com ATC simulado (PINHOLSTER, 2022).

¹⁵ *Cabine de voo.*

¹⁶ *Checklists: Listas de verificação.*

¹⁷ *Advanced Simulation Technology inc.*

Na fase final do treinamento de rádio, os alunos entram em um voo simulado via RV, para que possam testar suas habilidades por meio do recurso Ambiente Simulado para ATC Realista (SERA)¹⁸, também desenvolvido pela ASTi. Enquanto conversam com o ATC, o sistema SERA usa um software de inteligência artificial para reagir ao que o aluno-piloto está dizendo à medida que o voo avança, corrigindo-o quando comete erros (PINHOLSTER, 2022).

2.2 Custos-benefícios com a utilização de Realidade Estendida em cursos de aviação

É notório que os custos operacionais de treinamento de pilotos civis são altos (SWEENEY, 2022) e, por esse motivo, o emprego de tecnologias de simulação como alternativas a voos reais torna-se viável em algumas etapas da formação: o custo de “voar” uma hora em um simulador é significativamente menor do que em uma aeronave real, principalmente se for multimotor (REWETI, 2017).

Uma estratégia alternativa ao uso de ferramentas tradicionais de instrução é usar dispositivos baseados em computadores para alguns aspectos do treinamento, o que poderia ser fundamental para a operação contínua de uma escola de voo (WU; SUN, 2014), pois eles podem oferecer uma ferramenta de baixo custo, ao mesmo tempo que eficaz para instrução de voo, demonstrações em sala de aula, além de treino de procedimentos e treinamento IFR (EASA, 2016; MASSEY NEWS, 2008 apud REWETI, 2017).

Segundo pesquisas de Reweti (2017), embora alguns instrutores sejam relutantes em empregar tecnologias baseadas em computadores para substituir voos visuais (VFR)¹⁹ reais, não foram encontradas evidências de piora de desempenho dos alunos que fizeram o uso desses dispositivos para a realização de procedimentos de voo.

RV para fins de treinamento, além da diminuição de custos, pode reduzir a taxa de erros e aprimorar a experiência de aprendizado, ao mesmo tempo em que aumenta a economia de tempo (SMITH; SALMON 2017). Há evidências anedóticas e empíricas de que a tecnologia de simulação pode melhorar a obtenção de conhecimentos, as habilidades psicomotoras e a motivação (SITZMANN, 2011).

A RV também pode aumentar o engajamento, permitir a exploração do material sob novas perspectivas e facilitar o aprendizado interativo (MAKRANSKY et al. 2017). A RV, por

¹⁸ *Simulated Environment for Realistic ATC (SERA).*

¹⁹ *Visual Flight Rules*

certo, oferece aos educadores e treinadores uma modalidade robusta que pode diversificar o treinamento de simuladores físicos e máquinas no local para ambientes totalmente virtuais, permitindo o treinamento em locais domésticos ou externos com dimensões físicas menores, além de eximir preocupações acerca de manutenções.

A RV também permite que os alunos pratiquem habilidades em seu próprio tempo e em seu próprio ritmo. Esse treinamento fora do local pode facilmente cumprir seu papel e, ao mesmo tempo, atender às precauções das instituições de ensino quanto à Covid-19, por exemplo, além de reduzir o uso de equipamentos físicos entre muitos alunos, adicionando uma camada adicional de distanciamento social, sem prejuízo da manutenção de um currículo ou cronograma de treinamento.

Segundo Jerald (2016), o emprego de realidades de caráter imersivo, como a RV, na educação e no treinamento fornece a capacidade de treinar e praticar enquanto incentiva o aprendizado ativo, a tomada de decisão intuitiva e o envolvimento com uma tarefa.

Os alunos que receberam treinamento de voo em dispositivos de treinamento de voo de alta fidelidade demonstraram menos esforços para atingir os padrões de voo, destacando uma transferência positiva de treinamento do dispositivo para o avião. Ademais, relataram economias de custos e obtiveram desempenho superior a outros alunos-pilotos que não contaram com a mesma experiência (CARDULLO et al., 2011; LELAND et al., 2009; KOGLBAUER, 2016; MACCHIARELLA et al., 2008; MCLEAN et al., 2016; TAYLOR et al., 2005 apud FUSSELL; TRUONG, 2022).

Os simuladores possuem diferentes níveis de fidelidade e imersão, mas fornecem cenários de treinamento realistas para melhorar a memória e o desempenho do procedimento, ao mesmo tempo em que diminuem os custos associados ao treinamento de voo (MACCHIARELLA et al., 2008).

2.3 Laboratório de Realidade Estendida para o ensino-aprendizado na aviação

Segundo Henley (2017) apud Ng (2022), o aprendizado baseado na prática é a espinha dorsal da educação direcionada à formação de profissionais da aviação, principalmente no que tange ao planejamento de voo, pilotagem e manutenção de motores de aeronaves.

Ng e Chu (2021) destacam que para o setor aeronáutico as instruções por meio de laboratórios têm uma longa tradição, e suas aplicações práticas correspondem a uma parte

essencial do currículo educacional na área. A educação laboratorial também visa o desenvolvimento de conhecimentos técnicos, empíricos, práticos e habilidades específicas de campo dos alunos (ABDULWAHED; NAGY, 2009; FEISEL; ROSA, 2005 apud NG e CHU, 2021).

Ng (2022) reitera que pesquisadores de educação aeronáutica têm explorado o potencial, usando tecnologias digitais como simulação de voo e RV em ambientes universitários, e destaca que essa aplicação poderia ser também propagada de forma online, possibilitando aos alunos a experiência a partir de suas casas, o que poderia ser útil para momentos de exceção, como o da pandemia de Covid-19.

Lawrynczyk (2018) aferiu, a partir de um estudo envolvendo o treinamento de voo em simuladores e em RV, que resultados de desempenho semelhantes ou melhores foram atribuídos ao emprego das realidades imersivas, indicando a viabilidade da aplicação da tecnologia nesta área.

De acordo com Lawrynczyk (2018), há uma longa história de pesquisa em Realidade Estendida no campo da aviação para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e psicomotoras. Os resultados de muitos estudos demonstram que essas tecnologias, especialmente quando combinadas com jogos, podem melhorar o conteúdo ou a entrega de conteúdo para treinamento de pilotos. A prova de eficácia mais amplamente aceita para uma nova forma de instrução, como a RV, está melhorando o desempenho dos alunos.

Lawrynczyk (2018) ressalta como vantagem a indicação de que o treinamento em um ambiente de RV replica o estresse físico de voo, enquanto os simuladores 2D não. Neste sentido, para GAO et al. (2013), pilotos estudantes geralmente preferem aprender por intermédio de atividades práticas, nas quais modelos mentais complexos podem ser formados e testados.

A Universidade Aeronáutica Embry-Riddle, após diversos estudos acerca da eficácia do uso da imersão no ambiente educacional, desenvolveu em suas dependências o Laboratório de Realidade Estendida (XR Lab) e o define como o centro da Faculdade de Aviação para o desenvolvimento e introdução de experiências de Realidade Virtual, Aumentada e Mista. O XR Lab trabalha com professores e funcionários para apoiar a adoção e o desenvolvimento de aplicativos de XR (EMBRY-RIDDLE, 2022).

Ainda de acordo com a Embry-Riddle (2022), para o desenvolvimento de um laboratório de Realidade Estendida são necessárias parcerias com programas para o desenvolvimento de *softwares* e investimento em tecnologias como óculos, além de *hardwares* potentes e capacitação técnica dos docentes para sua aplicabilidade.

Segundo a Embry-Riddle (2022), a instituição utiliza como equipamentos para o laboratório, além de computadores, um sistema VR Index, da Valve, que consiste em um display, que deve ser equipado na cabeça do aluno, e dois controles manuais com *feedback* háptico e dois beacons IR, além de um headset HoloLens 2, da Microsoft, um dispositivo de realidade mista que permite interações manuais em experiências de RA e MR.

Ambos os equipamentos são compatíveis com sistemas operacionais do Windows, Steam OS e Linux (STEAM, 2022; MICROSOFT, 2022) e seus custos para uma instituição não são exorbitantes: o investimento para a obtenção de um VR Index é estimado em \$999 (STEAM, 2022) ao passo que o HoloLens 2 é avaliado a partir de \$3,500, se adquirido pela própria desenvolvedora (MICROSOFT, 2022).

Segundo Cavalieri (2021), os *softwares* utilizados pela instituição em seus projetos de XR foram desenvolvidos a partir de parcerias com alunos da própria universidade, de cursos focados em desenvolvimento, como o SSGA, além de instituições privadas concentradas no desenvolvimento para tecnologias imersivas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou o conceito da Realidade Estendida e seu uso na aviação civil enquanto recurso pedagógico de ensino-aprendizagem, além de seus potenciais benefícios adquiridos com a sua aplicabilidade. Abordou, ainda, a viabilidade da sua implementação em centros de formação de pilotos e cursos de aviação civil, delineando os equipamentos necessários para isto.

A pesquisa constatou que a Realidade Estendida enquanto recurso educacional já é uma realidade por estar sendo utilizada em centro de formação de piloto civil, inclusive de nível superior. Ademais, atende aos novos paradigmas da educação, ao estimular a postura proativa do estudante, e ao mercado aeronáutico, por desenvolver competências e habilidades esperadas ao piloto civil.

Entretanto, há de ser verificada a viabilidade financeira para a sua implementação, já que são necessários investimentos em equipamentos, *softwares* e treinamentos de capacitação para os docentes. Como alternativa, sugere-se investimento e parceria com cursos de desenvolvimento da própria instituição onde seria implementada, para a criação de *softwares* de XR, fator que se apresentou viável em universidades em razão da disponibilidade de recursos intelectuais.

Destarte, se resolvidos os desafios, as já bem-sucedidas utilizações das tecnologias imersivas em cursos aeronáuticos confirmam, integralmente, a hipótese levantada pela pesquisa, a qual sustenta que a Realidade Estendida pode ser um recurso pedagógico de ensino aprendizagem na Aviação Civil. Diante do exposto, pode-se afirmar as benesses associadas ao emprego das realidades aumentada, mesclada e virtual justificam a sua aplicabilidade para a formação de pilotos.

Para pesquisas futuras, recomenda-se a realização de consultas a cursos superiores de desenvolvimento de programas acerca da viabilidade de se trabalhar com Realidade Estendida, haja vista que os dados aqui levantados sugerem que esse trabalho em conjunto contribuiria para uma implementação mais diligente de tais recursos para cursos de aviação civil.

REFERÊNCIAS

- ANGOTTI, J. A.; AUTH, M. A. **Ciência e tecnologia**: implicações sociais e o papel da educação. 2001. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/cpQBQWf3L6SQWqnf9M4NrF/?format=pdf&lang=pt/>>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- AURELIANO JR., M. J.; MENDONÇA, D. C. M.; LEITE, A. P. M. **Uso da realidade virtual e da realidade aumentada como ferramentas para aprendizagem**. Disponível em: <https://www.lite.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/114/2019/10/11_Usora_AurelianoJunior.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2022.
- CAVALIERE, M. **Gaming students develop augmented-reality flight training tool**. 2021. Disponível em: <<https://news.erau.edu/headlines/gaming-students-develop-augmented-reality-flight-training-tool>>. Acesso em: 1 maio 2022.
- CAMBRIDGE DICTIONARY. **Continuum**. s.d. Disponível em: <<https://dictionary.cambridge.org/us/dictionary/english/continuum>>. Acesso em: 25 mar. 2022.
- DEDE, C. Immersive interfaces for engagement and learning. **Science**, v. 323, p. 66-69, 2009.
- DERRI, V. et al. Cognitive, Perceptual, and Motor Abilities in Skilled Basketball Performance. **Perceptual and motor skills**, v. 86. p. 771-86, 1998.
- DEKKER, S.; DAHLSTROM, N.; NAHLINDER, S.; Introduction of technically advanced aircraft in ab-initio flight training. **International Journal of Applied Aviation Studies**, v. 6, p. 133-144, 2006.
- DIESEL, A; BALDEZ, A. L; MARTINS, S. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

DUGDALE M. **Informed immersion.** 2020. Disponível em: <https://issuu.com/vrworldtechmagazine/docs/vrwt_issue_2_magazine/24>. Acesso em: 5 abr. 2022.

EMBRY-RIDDLE. **Extended reality (XR) lab.** 2022. Disponível em: <<https://daytonabeach.erau.edu/about/labs/extended-reality>>. Acesso em: 19 abr. 2022.

FISHER, D. **Augmented reality brings jets into the classroom.** 2021. Disponível em: <<https://www.flyingmag.com/embry-riddle-augmented-reality-classroom/>>. Acesso em: 1 maio 2022.

FONTES, R. de S; MAY, C. M. Formação por competência: discutindo a formação de pilotos no Brasil. **Cadernos de Pesquisa**, v. 46, n. 162, 2016.

FUSSELL, S. G., TRUONG, D. Using virtual reality for dynamic learning: an extended technology acceptance model. **Virtual Reality**, v. 26, p. 249-267, 2022.

GAO, Y. et al. Learning styles of Australian aviation students: An assessment of the impact of culture. **Collegiate Aviation Review**, v. 31, n. 1, p. 17-26, 2013.

GEERTSHUIS, S.; JUNG, M.; COOPER-THOMAS, H. Preparing students for higher education: the role of proactivity. **International Journal of Teaching and Learning in Higher Education**, v. 26, n. 2, p. 157-169, 2014.

HIGHT MP; FUSSELL SG. Effectiveness of VR simulations: comparing virtual reality with 2D simulations for ab initio pilot training. **Journal of Aviation/Aerospace Education & Research**, v 31, n. 1, 2022.

HENLEY, I. M. **Aviation education and training:** Adult learning principles and teaching strategies. Oxfordshire: Routledge, 2017.

JERALD, J. **The VR book:** human-centered design for virtual reality. New York: ACM Books, 2016

JOHNSEN K. et al. The validity of a virtual human experience for interpersonal skills education. Proc. SIGCHI Conf. on Human Factors in Computing Systems, v.4, p. 1049-1058, 2007.

KIGER, P. J. **What is extended reality (XR)?** 2020. Disponível em: <<https://www.fi.edu/tech/what-is-extended-reality/>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

KYAW B.M.; SAXENA N.; POSADZKI, P. Virtual reality for health professions education: systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration. **J Med Internet Res**, v. 21, 2019.

LAWRYNCZVK, A. **Exploring virtual reality flight training as a viable alternative to traditional simulator flight training.** 2018. Disponível em: <<https://curve.carleton.ca/8befeba3-7102-4851-a690-7a513e0f8343>>. Acesso em: 1 maio 2022.

LE BOTERF, G. **Desenvolvendo as competências dos profissionais**. 03. ed. Porto Alegre: Artmed, 2003.

LEAHY, J.; SCOTT, R. **Airline pilot training**: time to revisit the basics? Disponível em: <<https://www.aerosociety.com/news/airline-pilot-training-time-to-revisit-the-basics/>>. Acesso em: 20 mar. 2022.

LOGESWARAN, A.; MUNSCH, C.; CHONG, Y. J.; RALPH, N.; MCCROSSNAN, J. The role of extended reality technology in healthcare education: Towards a learner-centred APPROACH. **Future Healthcare Journal**, v. 8, n. 1, p. e79-84, 2021.

MACCHIARELLA, N. D; Brady, T.; Lyon B. S. An application of high fidelity FTDs for ab initio pilot training: the way ahead. **Collegiate Aviation Review**, v. 26, 2008.

MAKRANSKY, G.; TERKILDSEN, T. S; MAYER, R. E. Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning, Amsterdã, **Elsevier Ltda.**, v. 60, p. 225-236, April 2019.

MARR, B. **Extended reality in practice**: 100+ amazing ways virtual, augmented and mixed reality are changing business and society. Hoboken: Wiley, 2021.

MICROSOFT. **Hololens 2**. 2022. Disponível em: <<https://www.microsoft.com/pt-br/hololens>>. Acesso em: 19 abr. 2022.

MILGRAM, P. et al. **Augmented reality**: a class of displays on the reality-virtuality continuum. 1995. Disponível em: <<https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/2351/1/Augmented-reality--a-class-of-displays-on-the-reality/10.1117/12.197321.short?SSO=1>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

NG, D. T. K. Online lab design for aviation engineering students in higher education: a pilot study. **Interactive Learning Environments**, 2022, DOI: 10.1080/10494820.2022.2034888.

NG, T. K.; CHU, S. K. W. Motivating students to learn STEM via engaging flight simulation activities. **Journal of Science Education and Technology**, v. 30, n. 5, p. 608-629, 2021.

OLIVEIRA, A. P. D. et al. Evaluation of a strategic practice demonstration method applied to endodontic laboratory classes. **Revista Odonto Ciência**, Porto Alegre, v. 27, n. 2, p. 127-131, 2012.

PERRENOUD, P. et al. **As competências para ensinar no século XXI**: a formação dos professores e o desafio da avaliação. Porto Alegre: Artmed, 2002.

PINHOLSTER, G. **Improved pilot-training program yields promising results**. 2022. Disponível em: <<https://news.erau.edu/headlines/improved-pilot-training-program-yields-promising-results>>. Acesso em: 15 abr. 2022.

RANGEL, M. **Métodos de ensino para a aprendizagem e a dinamização das aulas** (Magistério: Formação e trabalho pedagógico). Campinas, SP: Papyrus, 2014.

REWETI S.; GILBEY A.; JEFFREY L. **Efficacy of low-cost pc-based aviation training devices**. 2017. Disponível em: <<https://sites.massey.ac.nz/teaurangahau/wp-content/uploads/sites/53/2020/09/JITEv16ResearchP127-142Reweti3073.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2022.

RONDON, M. H. D. de F.; CAPANEMA, C. F.; FONTES, R. S. de. A interação homem-máquina nas aeronaves tecnologicamente avançadas. **Aviation in Focus**, v. 5, n. 2, p. 50-60, jul./dez. 2014.

RONDON, M. H. D. **A formação e o exercício profissional de piloto da aviação civil: uma política em questão**. 2012. Disponível em: <<https://bdtd.ucb.br:8443/jspui/bitstream/123456789/737/1/Mario%20Henrique%20Dorileo%20de%20Freitas%20Rondon.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

SOUZA, S. C.; DOURADO, L. Aprendizagem baseada em problemas (abp): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. **Holos**, v. 5, p. 182-200, 2015.

SITZMANN, T. A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. **Pers Psychol**, v. 64, p. 489-528. 2011.

SMITH, J. W.; SALMON, J. L. **Development and analysis of virtual reality technician-training platform and methods**. 2017. Disponível em: <https://axonpark.com/wp-content/uploads/2021/09/Development-and-Analysis-of-VR-Technician-Training-Platform-and-Methods.pdf>. Acesso em: 02 maio 2022.

STEAM. **Valve Index**. Disponível em: <<https://store.steampowered.com/valveindex>>. Acesso em: 19 abr. 2022.

SUH, A.; PROPHET, J. **The state of immersive technology research: a literature analysis**. 2018. Disponível em: <<https://unity3d.com/what-isxr-glossary>>. Acesso em: 02 maio 2022.

SWEENEY, S. **The airline pilot shortage is real and will cost all of us**. 2022. Disponível em: <https://abcnews.go.com/Politics/airline-pilot-shortage-real-cost-us-brace-impact/story?id=84176369>. Acesso em: 2 maio 2022.

WEINTRAUB, M.; HAWLITSCHKE, P.; JOÃO, S. M. A. Jogo educacional sobre avaliação em fisioterapia: uma nova abordagem acadêmica. **Fisioterapia e Pesquisa**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 280-286, jul./set. 2011.

WU, L. N.; SUN, Y. P. Development of a low-cost flight simulation training device for research and education. In Proceedings of the 2nd International Conference on Intelligent Technologies and Engineering Systems (ICITES2013). **Springer International Publishing**, DOI:10.1007/978-3-319-04573-3_55, p. 445-452, 2014.