



ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2022

RODRIGO MARCHON **CAPANEMA**, Cap Av

**Óculos de Realidade Virtual e sua utilização no LOFT**

Rio de Janeiro

2022

ESCOLA DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DA AERONÁUTICA  
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS 3/2022

RODRIGO MARCHON **CAPANEMA**, Cap Av

**Óculos de Realidade Virtual e sua utilização no LOFT**

Trabalho de conclusão de curso apresentado no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da Aeronáutica como requisito parcial para aprovação no Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Liderança com Ênfase em Gestão no COMAER.

Linha de Pesquisa: Segurança de voo

Orientador: Pedro Nolasco Duarte, Maj Av

Rio de Janeiro

2022

RODRIGO MARCHON **CAPANEMA**, Cap Av

## Óculos de Realidade Virtual e sua utilização no LOFT

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
no Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais da  
Aeronáutica.

Aprovado por:

---

Pedro **Nolasco** Duarte, Maj Av  
EAOAR

---

Bruno **Bitencourt** Carvalho de Oliveira, Maj Int  
EAOAR

Rio de Janeiro

2022

## RESUMO

O LOFT é um treinamento que possibilita aos tripulantes a prática dos conceitos de CRM, utilizando-se da simulação de cenários baseados em sua operação rotineira, sendo necessária a utilização de um simulador de voo. Considerando que a FAB não dispõe de simulador de voo para alguns de seus projetos, esse trabalho propõe que a utilização dos óculos de realidade virtual (RV), como recurso alternativo no LOFT, proporciona maior efetividade ao treinamento, à medida que as habilidades desenvolvidas durante o exercício são replicadas nas cabines das aeronaves. A RV possibilita imersão e interação necessárias aos usuários durante as sessões de treinamento, além de custo benefício favorável, possibilitando a aquisição em larga escala pelos Esquadrões e a flexibilidade da utilização em qualquer lugar, inclusive em sede, proporcionando maior frequência dos treinamentos. A RV é uma área em constante desenvolvimento, sendo possível a utilização da mesma plataforma interativa para diversas finalidades, seja no apoio às ações de manutenção, atividades de ensino, instruções, segurança de voo, medicina e, até mesmo, simulação de combates aéreos ou terrestres.

**Palavras-chave:** CRM. LOFT. Realidade virtual. Treinamento.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o CENIPA (2021), aproximadamente 80% dos relatórios de investigação apontam fatores humanos como contribuintes nos acidentes aeronáuticos, tais como julgamento de pilotagem, coordenação de cabine, processo decisório, assim como outros aspectos relacionados ao erro e interações humanas. Considerando esses dados, na década de 70, iniciou-se um treinamento focado no gerenciamento de recursos de cabine denominado CRM (*Cockpit Resource Management*), que ao longo do tempo foi evoluindo, expandindo seus conceitos, passando por *Crew Resource Management* (tripulação) até chegar ao termo atualmente utilizado de *Corporate Resource Management* (organização).

Diversas teorias e ferramentas foram desenvolvidas e aplicadas com o objetivo de aprimorar o processo decisório, inicialmente dos pilotos, depois das tripulações e, atualmente, de todos os membros da corporação, com o principal intuito de reduzir o erro humano e, conseqüentemente, os acidentes aeronáuticos. Um importante recurso que possibilita aos tripulantes a aplicação dos conceitos teóricos do CRM, através da reprodução de um cenário da operação de rotina de uma Organização Militar (OM) em simulador de voo, é o LOFT (*Line-Oriented Flight Training*).

Dada sua importância, o Comando de Preparo (COMPREP) determina que o LOFT seja realizado trimestralmente pelos pilotos, preferencialmente, nos simuladores de voo. No entanto, algumas aeronaves em operação na FAB não possuem contrato para treinamento em simulador, tampouco, simulador próprio. Tal situação obriga os Esquadrões a realizarem adaptações ao treinamento que descaracterizam a natureza do LOFT. Alguns optam por realizá-lo na nacele estática da aeronave, semelhante a um *cockpit procedure training* (CPT)<sup>1</sup>, outros um mero estudo de caso debatendo uma situação problema. Em qualquer um dos casos perdem-se elementos importantes que caracterizam esse tipo de treinamento.

Considerando as características intrínsecas ao exercício e a conjuntura de recursos disponíveis, este ensaio defende que a utilização de óculos de realidade virtual (RV), como alternativa para aplicação no LOFT, proporciona maior efetividade ao treinamento.

---

<sup>1</sup> Treinamento estático, realizado na cabine do avião, que proporciona ambientação à aeronave e massificação dos procedimentos normais e de emergência.

É importante destacar que os óculos de RV proporcionam imersão num ambiente, sendo amplamente utilizado em diversas áreas de aprendizagem, como na medicina, salas de aula, sendo capaz de simular diversos cenários, apresentando-se como uma excelente ferramenta de treinamento.

Além disso, os óculos de RV proporcionam um aumento na frequência dos treinamentos, dado seu custo de aquisição e manutenção diminuído, além da praticidade e comodidade dos Esquadrões efetuarem os treinamentos em sede.

## **2 DESENVOLVIMENTO**

CRM pode ser definido como a utilização de todos os recursos disponíveis – informação, equipamento e pessoas – visando uma operação aérea segura e eficiente, sendo considerado um programa de treinamento baseado em quatro pilares fundamentais: trabalho em equipe, liderança, comunicação e tomada de decisão. O LOFT foi desenvolvido para exercitar os conceitos teóricos do CRM, treinando a interação e coordenação entre os tripulantes através da simulação de um voo que replica a operação realizada no dia a dia de uma organização, proporcionando ambiente propício para a utilização das habilidades de liderança, gerenciamento, comunicação e tomada de decisão. (KANKI; ANCA; CHIDESTER, 2019)

Para Cassiano (2017), a mudança na forma que se desempenha uma atividade a partir do aprendizado ocorrido nos eventos de TD&E (Treinamento, Desenvolvimento e Educação) e os efeitos observados no comportamento global do profissional treinado, são avaliados em termos de efetividade. A efetividade do treinamento está relacionada à mudança apresentada pelo profissional após a instrução e varia conforme o método empregado e da habilidade que está sendo treinada, de forma que seja evidenciada a assimilação das competências aprendidas no desempenho de suas atividades no local de trabalho.

### **2.1 Do simulador de voo à realidade virtual**

Os simuladores de voo têm como propósito reproduzir o comportamento de uma aeronave, proporcionando ao usuário um baixo nível de abstração e possibilitando uma maior interação do ser humano. A simulação combina tecnologia,

arte e ciência, gerando uma realidade artificial que auxilia no desenvolvimento de pesquisas e treinamento. (MATSUURA, 1995)

Reconhecendo a importância dos simuladores para a ambientação às aeronaves e treinamento dos tripulantes, a FAB prevê, na formação e manutenção operacional de seus pilotos, sessões regulares nos simuladores visando a execução dos procedimentos normais e de emergência, assim como o LOFT.

No entanto, nem todas as aeronaves em operação na FAB dispõem de contrato de simulador para treinamento, sendo necessário recorrer a simuladores como os propostos por Rabelo (2010) e Filho (2016), que apresentam a possibilidade de estruturar um sistema de simulação utilizando, basicamente, computadores pessoais de alto desempenho, alguns *hardwares* auxiliares para entrada e saída de informações e *softwares* que apresentam características muito próximas da realidade, contemplando aeroportos de todo o mundo, capazes de renderizar dados fidedignos das pistas reais, como direção das cabeceiras, comprimento e, até mesmo, o *slope*<sup>2</sup>, além dos mais variados tipos de aeronaves em operação.

Dentre os *hardwares* auxiliares de saída citados pelos autores, podemos destacar os óculos de RV que, segundo Kirner e Kirner (2011), fazem parte das tecnologias interativas tridimensionais (3D), que permitem ao usuário manipular informações em um espaço virtual, semelhante ao espaço real, ouvindo, vendo e interagindo nas três dimensões. Esse espaço pode ser classificado como realidade virtual (RV) ou realidade aumentada (RA), a depender da interface computacional utilizada, possibilitando aos usuários atuarem de forma multissensorial e imersiva.

Mendonça e Mustaro (2011) definem que a imersividade se caracteriza pelo transporte do usuário para o mundo virtual, fazendo com que ele se sinta completamente imerso no ambiente simulado criado, podendo realizar interações com os objetos virtuais e captar suas reações através dos dispositivos multissensoriais, o que permite ao usuário, naquele momento, fazer parte da narrativa proposta pela simulação em questão.

Considerando as características e objetivos do LOFT, assim como a necessidade de vivenciar os cenários propostos para os treinamentos, a utilização dos óculos de RV, mostram-se ferramentas adequadas para proporcionar a imersão necessária aos tripulantes durante o treinamento.

---

<sup>2</sup> Gradiente de inclinação de uma pista, obtido através da diferença de elevação entre uma cabeceira e outra, dividido pelo comprimento da pista.

Mendonça e Mustaro (2011) afirmam que as aplicações da RV estão em constante desenvolvimento em diversos campos importantes. A tele imersão, voltada para a tele reabilitação, possibilita a interação remota do terapeuta com o paciente, assim como, viabiliza uma avaliação médica à distância. Com a RV já é possível realizar, mesmo que distantes uns dos outros, trabalhos colaborativos e, até mesmo, a aprendizagem de dança. Estudos voltados para treinamento, apresentam sistemas de assistência aos motoristas, permitindo a simulação da condução de veículos, com foco na observação das relações humanas, dado determinados eventos de trânsito. Cabe destacar que a RV proporciona imersão e interatividade em diferentes áreas do conhecimento, tais como arte, educação, psicologia, engenharia, entretenimento, dentre diversos outros campos ligados ao TD&E.

A RV e a RA têm se mostrado ferramentas promissoras na área de TD&E. Os óculos de RV se destacam como plataforma de integração entre os usuários e os recursos informacionais, de forma que sua aplicabilidade no LOFT, traz efetividade para o treinamento, haja visto a possibilidade de interação entre indivíduos no ambiente virtual e a capacidade de imersão nos mais variados cenários.

## 2.2 Frequência do treinamento para desenvolvimento de habilidade

Os simuladores de voo são amplamente utilizados para treinamento dos tripulantes, já que reduzem o custo de formação. A aquisição de um simulador de voo pode custar de 30 a 65% do preço de uma aeronave e para operá-lo, despende-se e em torno de 8% do custo da operação de uma aeronave real. (MATSUURA, 1995)

Ainda que os simuladores apresentem custos de treinamento menores que nas aeronaves, Moesl *et al.* (2022) acreditam que esses custos podem ser ainda mais reduzidos, apostando em novas tecnologias que agreguem valor ao treinamento ou substituindo as ferramentas atuais, em termos de custo ou sucesso de aprendizagem. O mercado da RV vem demonstrando interesse na aplicação de treinamento aos pilotos, haja visto que a *European Union Aviation Safety Agency* (EASA)<sup>3</sup> aprovou, em abril de 2021, o primeiro simulador de voo baseado em RV.

Kirner e Kirner (2011) já apontavam que as interfaces baseadas em RV ganhariam força a partir da inclusão de um maior número de usuários e da utilização

---

<sup>3</sup> Agência da União Europeia que desempenha atividades análogas à Agencia de Aviação Civil (ANAC) no Brasil.

intensa da Internet. Os avanços tecnológicos possibilitaram o aumento das aplicações baseadas em RV e RA superando as dificuldades de acesso e de uso, o que tornou o uso da tecnologia mais popular. As aplicações de RV apresentam cada vez menores custos, maior disponibilidade, através da Internet, customização facilitadas, pois independem de programações complexas, fáceis de usar, pois se tornaram mais intuitivas e podendo ser executadas a partir de computadores pessoais.

As tendências do mercado, a perspectiva de crescimento dos investimentos e o custo benefício favorável, fazem dos óculos de RV um excelente investimento para os Esquadrões como ferramenta de aplicação no LOFT, tendo em vista a flexibilidade de poder realizá-lo em sede, aproveitando-se ao máximo o treinamento, tanto em termos de qualidade, como já apresentado anteriormente, quanto pela quantidade.

O treinamento tem como objetivo disponibilizar aos tripulantes conhecimento e novas habilidades cognitivas e psicomotoras. O atingimento de todos os três componentes são fatores importantes para o sucesso do treinamento. O conhecimento é a capacidade de identificar fatos, regras e como interpretá-los. A habilidade consiste em aplicar o conhecimento em uma ação, seja ela psicomotora ou cognitiva. Por fim, como estado desejado, existe o desempenho, que é a capacidade do indivíduo de combinar o conhecimento, habilidades psicomotoras e cognitivas, com as interpessoais, como inferência e julgamento, visando tomar uma decisão mais adequada, frente a situações complexas. (ACT ARC, 2016)

Para que se atinja o estado desejado do treinamento, é necessário a massificação e internalização dos conhecimentos e habilidades treinadas. Estudos na área médica afirmam que não é possível definir qual a frequência adequada de treinamento para que se tenha a retenção do conhecimento, habilidade ou aplicação de um procedimento específico. Contudo, os mesmos estudos apontam que a combinação de metodologia de ensino e repetição das habilidades, aumentam a retenção do conhecimento, recomendando-se a realização do treinamento com a maior frequência possível. (DETOMI, 2019; TRUCHOT, 2021)

Os óculos de RV possuem características de custo benefício e flexibilidade que possibilitam o aumento na frequência dos treinamentos, o que proporciona maior retenção do conhecimento e, conseqüentemente, maior efetividade, tendo em vista que a internalização dos conhecimentos adquiridos possibilita a aplicação da competência transferida pelo evento instrucional, nas atividades que serão executadas nas cabines das aeronaves.

### 3 CONCLUSÃO

O LOFT é um treinamento que proporciona aos pilotos a possibilidade de aplicar, em simulador de voo, as diversas ferramentas e conceitos disponibilizados no CRM, como liderança, trabalho em equipe e processo decisório. No entanto, a FAB não dispõe de simuladores de voo para determinadas aeronaves, fazendo com que alguns Esquadrões façam adaptações ao treinamento, perdendo elementos fundamentais de sua essência, como a imersão necessária ao cenário proposto e a fluidez da operação de rotina apresentada.

Os óculos de RV se apresentam como uma ferramenta extremamente versátil e amplamente utilizada em diversas áreas de TD&E. Aliados a computadores pessoais, com *hardwares* e *softwares* adequados, proporcionam elevada capacidade de imersão do indivíduo em um ambiente simulado, assim como a interação entre eles, características importantíssimas para atingir os objetivos do LOFT.

A tecnologia apresenta custo benefício favorável, existindo a possibilidade de distribuição em larga escala dos equipamentos para os Esquadrões da FAB, proporcionando, assim, maior acesso aos recursos necessários e flexibilidade para realizar o treinamento. Aumentando a frequência de realização do LOFT e gerando maior retenção do conhecimento.

A utilização dos óculos de RV no LOFT tem a capacidade de aumentar a efetividade do treinamento, haja visto a capacidade imersiva e interacional dos recursos aplicados no treinamento, assim como o aumento da frequência, impactando positivamente no desempenho futuro dos pilotos no exercício de suas atividades.

Considerando a capacidade de imersão, custo benefício favorável e a versatilidade dos óculos de RV, é possível que ele seja utilizado nas mais variadas situações e contextos na FAB. Não somente nos treinamentos de LOFT das aeronaves que possuem ou não simulador, mas também como ferramenta de apoio à manutenção, possibilitando interação dos mecânicos com os manuais e diagramas esquemáticos das aeronaves, nos cursos à distância ou em instruções práticas, possibilitando ao aluno visitar qualquer cenário proposto ou sala de aula que se fizer necessária, além de diversas outras aplicabilidades possíveis na área de segurança de voo, medicina e, até mesmo, simulação de cenários de combate aéreos ou terrestres.

## REFERÊNCIA

- Air Carrier Training Aviation Rulemaking Committee (ACT ARC). **Recommendation 16-6: Delivery of Cross-Functional Crew Resource Management (CRM) Training.** Washington, 2016. Disponível em: [https://www.faa.gov/about/office\\_org/headquarters\\_offices/avs/offices/afx/afs/afs200/afs280/act\\_arc/act\\_arc\\_reco/](https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/avs/offices/afx/afs/afs200/afs280/act_arc/act_arc_reco/) Acesso em: 17 set. 2022.
- CASSIANO, S. **Competência ou sorte?** Lócus de controle e efetividade do treinamento. 2017. Dissertação (Mestrado em Psicologia Social, do Trabalho e das Organizações) – Instituto de Psicologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA). Assessoria Estatística. **Aeródromos - Sumário Estatístico 2010-2019.** Brasília, 2021. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/anexos/category/1-downloads?download=156:sumario-estatistico-aerodromos> Acesso em: 17 set. 2022.
- DETOMI, C.A.D. **Ensino de suporte básico de vida para estudantes de Medicina: aprendizagem e retenção do conhecimento relacionados ao uso de manequins de alta fidelidade e duração do treinamento.** 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino em Saúde) - Universidade José do Rosário Vellano, Belo Horizonte, 2019.
- FILHO, J. M. R. **Softwares Domésticos de Simulação de Voo como Complemento à Prática de Pilotagem.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Aeronáuticas) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2016.
- KANKI, B.G.; ANCA, J.; CHIDESTER, T. **Crew Resource Management.** 3 ed. London: Academic Press, 2019.
- KINER, C.; KINER, T. G. Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. *In:* RIBEIRO, M. W. S. e ZORZAL, E. R. (Org.) **Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências.** Uberlândia: Editora SBC, 2011. p.10-25.
- MATISSURA, J. P. **Aplicação dos Simuladores de vôo no Desenvolvimento e Avaliação de Aeronaves e Periféricos.** 1995. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia da Computação) – Instituto Tecnológico da Aeronáutica, São José dos Campos, 1995.
- MENDONÇA, R. L.; MUSTARO P. N. Como tornar aplicações de realidade virtual e aumentada, ambientes virtuais e sistemas de realidade mista mais imersivos. *In:* RIBEIRO, M. W. S. e ZORZAL, E. R. (Org.) **Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências.** Uberlândia: Editora SBC, 2011. p. 96-112.
- MOESL, B.; SCHAFFERNAK, H.; VORRABER, W.; HOLY, M.; HERRELE, T.; BRAUNSTINGL, R.; KOGLBAUER, I. V. Towards a More Socially Sustainable Advanced Pilot Training by Integrating Wearable Augmented Reality Devices. **Sustainability**, Basel, 14, 2220. MDPI. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/su14042220>. Acesso em: 17 set. 2022.

REBELO, D. R. **Automação, Integração de dados e Instrumentação de um Simulador de Voo**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

TRUCHOT, J. Point of care simulation: towards new pragmatic simulation training. **European journal of emergency medicine**: official journal of the European Society for Emergency Medicine, 27(2), 2020, p. 79–80.