



EXÉRCITO BRASILEIRO
ESCOLA DE FORMAÇÃO COMPLEMENTAR DO EXÉRCITO
Curso de Gestão e Assessoramento de Estado-Maior - CGAEM



Maj Eng César Augusto Sityá Appel

**ANÁLISE DO EMPREGO DE SIMULADORES DE VOO SINTÉTICOS NA FORMAÇÃO
DOS PILOTOS EM REGRAS DE VOO POR INSTRUMENTOS**

**Salvador
2020**

Maj Eng CÉSAR AUGUSTO SITYÁ APPEL

**ANÁLISE DO EMPREGO DE SIMULADORES DE VOO SINTÉTICOS NA FORMAÇÃO
DOS PILOTOS EM REGRAS DE VOO POR INSTRUMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Formação Complementar do Exército / Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG como requisito parcial para a obtenção do Grau Especialização de Gestão em Administração Pública.

Orientador: Prof. Dr. Guaracy Silva

**Salvador
2020**

Maj Eng CÉSAR AUGUSTO SITYÁ APPEL

**ANÁLISE DO EMPREGO DE SIMULADORES DE VOO SINTÉTICOS NA FORMAÇÃO
DOS PILOTOS EM REGRAS DE VOO POR INSTRUMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Formação Complementar do Exército / Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG como requisito parcial para a obtenção do Grau Especialização de Gestão em Administração Pública.

Aprovado em:

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

Prof. Ma LETÍCIA VEIGA VASQUES

Prof. Dr PEDRO DOS SANTOS PORTUGAL JÚNIOR

Prof. Dr FABRÍCIO PELLOSO PIURCOSKY

ANÁLISE DO EMPREGO DE SIMULADORES DE VOO SINTÉTICOS NA FORMAÇÃO DOS PILOTOS EM REGRAS DE VOO POR INSTRUMENTOS

ANALYSIS OF THE EMPLOYMENT OF SYNTHETIC FLIGHT SIMULATORS IN THE TRAINING OF PILOTS IN INSTRUMENTS FLIGHT RULES

César Augusto Sityá Appel ¹
Guaracy Silva ²

RESUMO

Este trabalho analisa o emprego dos simuladores de voo sintéticos na formação dos pilotos da Aviação do Exército (AvEx) em regras de voo por instrumentos (IFR). Tal abordagem se justifica pela economia que a substituição da aeronave pelos simuladores gera com a execução dos voos previstos nas normas operacionais do Comando de Aviação do Exército (CAvEx), bem como pela melhoria da instrução de voo e pelo aumento da operacionalidade das Unidades Aéreas (UAe), que passaram a receber os pilotos formados pelo Curso de Piloto de Aeronave (CPA) com as instruções de voo IFR em simulador completas a partir de 2017. O objetivo deste trabalho é quantificar a economia gerada pelo uso do simulador, verificar suas possibilidades para a instrução e quais as consequências, para as UAe, em receber os pilotos com a formação IFR em simulador completa. Este propósito é alcançado por meio de pesquisa bibliográfica e exploratória, com abordagem quantitativa, e fundamentada pela coleta de informações nos documentos oficiais da AvEx. O estudo demonstra que: 1. O uso do simulador gera considerável economia de recursos públicos; 2. O uso de simuladores para a execução das fases básica e avançada I de instrução IFR aumenta substancialmente a qualidade e as possibilidades de instrução IFR; e 3. Aproveitando os deslocamentos aéreos para missões fora de Taubaté/SP, os pilotos oriundos do CPA são rapidamente capacitados ao voo IFR nas UAe.

Palavras-chave: Aviação do Exército. Simulador de voo. Voo por instrumentos.

ABSTRACT

This article analyzes the use of synthetic flight simulators in training of Army Aviation (AvEx) pilots in Instruments Flight Rules (IFR). This approach is justified because replacing aircraft with simulators by performing flights provided on standards of Army Aviation Command saves resources, as well as improving flight instruction and increasing operability of Air Units, which receive pilots trained by the Aircraft Pilot Course (CPA) with IFR instructions completed in simulator since 2017. The objective of this work is to quantify the savings generated by using the simulator, check its possibilities of instructions instructions and the consequences for the Air

¹Bacharel em Ciências Militares pela Academia Militar das Agulhas Negras – AMAN. Pós-Graduado em Ciências Militares pela escola de Aperfeiçoamento de Oficiais – EsAO. Pós-graduando de Gestão em Administração Pública pelo Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS. E-mail: cesarappel@gmail.com.

²Doutor em Educação pela Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP. Graduado em Administração de Empresas pela Sociedade Riopretense de Ensino e Educação (1996) e mestrado em Administração pelo Centro Universitário de Franca – UNIFACEF (2005). Professor dos programas de graduação e pós-graduação do Grupo UNIS/MG. E-mail: gsilva@unis.edu.br.

Units receiving pilots with IFR-training in simulator completed. This purpose is achieved through bibliographic and exploratory research, with a quantitative approach based on the collection of information in the official documents of AvEx. The study demonstrates that: 1. The use of the simulator generates a lot of savings of public resources; 2. Using simulators to perform the basic and advanced IFR instruction phases substantially increases the quality and possibilities of IFR instruction; and 3. Taking advantage of air travel for missions far from Taubaté / SP, pilots coming from CPA are quickly able to fly IFR in the Air Units.

Keyword: Army Aviation. Flight Simulators. Instruments Flight Rules.

1 INTRODUÇÃO

No início da década de 1990, a AvEx recebeu as aeronaves AS 365 K Pantera (HM-1), que foram adquiridas com o objetivo de ampliar a capacidade de execução das manobras de emprego geral em relação ao AS 550 Esquilo (HA-1), primeiro modelo da AvEx, e cumprir as missões de transporte de tropas. Porém, o grande diferencial para a técnica de voo foi a possibilidade de voar sob regras de voo por instrumentos, tendo em vista ser a primeira aeronave da AvEx homologada para este fim.

Já no início dos anos 2000, as aeronaves UH 60 Black Hawk (HM-2) e AS 532 Cougar (HM-3) foram somadas à frota e também possibilitavam este tipo de voo. Essas três aeronaves se caracterizam por possuírem os instrumentos ADF (*Automatic Direction Finder*), VOR (*VHF Omnidirectional Range*), DME (*Distance Measuring Equipment*) e ILS (*Instrument Landing System*), dispostos na configuração analógica, além de um sistema de auxílio à pilotagem com ações limitadas.

Com a aquisição das aeronaves EC 725 Caracal (HM-4) e a modernização da frota AS 365K, que passou a ser denominada EC 365 K2, foram ampliadas as capacidades para este tipo de voo, pois as novas aeronaves estão equipadas com modernos meios de navegação digitais (principalmente GPS – *Global Position System* – homologado para navegação aérea) e um sistema de auxílio à pilotagem muito mais preciso e eficiente, que permite a condução do voo, por parte da tripulação, com muito mais segurança e antecipação às ações.

Para que as tripulações possam usar os equipamentos das aeronaves em sua plenitude, voando em condições de baixa visibilidade com a segurança imposta, a AvEx tem envidado esforços para capacitar seus pilotos no voo IFR desde a chegada dos primeiros AS 365 K. Porém, o custo elevado para realizar a formação IFR nas aeronaves fazia com que poucos pilotos – e somente os mais experientes – conseguissem esta habilitação, embora alguns pilotos realizassem fases da formação em simuladores externos à AvEx, o que também implicava em custos, porém mais baixos.

Em 2008, foi inaugurado o Centro de Simulação do Centro de Instrução de Aviação do Exército (CIAvEx), com quatro cabines de simulação artesanais, que trabalhavam com software adaptado (*Flight Simulator*), baseadas na aeronave AS 550. Estes simuladores sintéticos (FTD – *Flight Training Devices*), aperfeiçoados e utilizados até hoje pela AvEx, possibilitam a realização dos voos de formação IFR das fases básica e avançada I, o que alavancou o processo de formação de pilotos IFR até os níveis atuais, em que os pilotos já tem essa instrução no decorrer do CPA.

Este trabalho discorre sobre os tipos de capacitação dos pilotos ao voo IFR, e quais os parâmetros exigidos para cada um deles, sobre as peculiaridades das fases básica e avançada I para a formação do piloto 2P IFR, sobre o custo das horas de voo em simulador e em cada uma

das aeronaves da AvEx, sobre a padronização empregada pela divisão de simulação para cumprir os parâmetros exigidos pelas normas operacionais do CAVEx quanto à formação IFR, sobre as vantagens do uso simulador para este tipo de instrução, considerando o padronizado, e sobre ao trabalho desenvolvido nas Unidades Aéreas para concluir a formação dos pilotos recém-egressos do CPA.

Tal abordagem se justifica porque a Norma Operacional nº 6 do CAVEx autoriza a realização da instrução das fases básica e avançada I em voo real e, apesar de haver um consenso informal das vantagens do uso do simulador em instrução IFR, não há comparativos de custos finais nem do resultado final da instrução, o que pode levar a decisões erradas na hora de capacitar um piloto para este tipo de voo.

É importante salientar também a importância do trabalho para AvEx, uma vez que somente a partir de 2017 o CPA passou a ter, em seu plano de disciplinas, a execução da formação IFR em simulador. Logo, existem diversos pilotos formados anteriormente que não possuem essa capacitação, o que onera as Unidades Aéreas em termos de operacionalidade.

O objetivo deste trabalho é: quantificar a economia gerada pelo uso do simulador para a realização das fases básica e avançada I do voo IFR, verificar quais as possibilidades do simulador para a instrução de voo e, por fim, verificar o consequente ganho de operacionalidade das Unidades Aéreas ao receber pilotos oriundos do CPA com a formação IFR em simulador completa.

Este intento será conseguido mediante pesquisa bibliográfica, considerando estudos anteriores, documentos oficiais, as normas operacionais do CAVEx e cadernos de padronização do CIAvEx e do Centro de Simulação, bem como experiência pessoal do autor.

2 O USO DOS SIMULADORES DE VOO SINTÉTICOS PARA O TREINAMENTO IFR

2.1 O VOO SOB REGRAS POR INSTRUMENTOS (IFR)

Para que os objetivos propostos sejam atingidos, o primeiro passo é definir o que é o voo IFR. Porém, antes desta definição, é importante caracterizar quaisquer tipos de voo por suas fases comuns, pois esta divisão por fases ajudará no entendimento de alguns conceitos.

Todos os voos podem ser divididos em algumas fases básicas e/ou comuns, que mudam suas terminologias de acordo com o autor. Para este estudo, são consideradas as seguintes fases (ANTAS, 1979):

- Decolagem – fase em que a aeronave sai da inércia e busca a aceleração horizontal e vertical, até atingir a velocidade de melhor subida (horizontal) e a razão de subida ideal (vertical).
- Subida – fase após a decolagem em que a aeronave, já tendo suas velocidades horizontal e vertical alcançadas, ascende para a altitude desejada para o deslocamento e busca a velocidade de cruzeiro.
- Cruzeiro ou voo em rota – é o deslocamento da aeronave de um ponto a outro, com direção, altitude e velocidade definidos e, normalmente, constantes.
- Descida – saída da condição de cruzeiro ou voo em rota até o início da aproximação para pouso. Normalmente mantém a velocidade e a direção do voo de cruzeiro, variando somente a altitude.
- Aproximação para pouso – fase em que a aeronave realiza o alinhamento com a pista do aeródromo e estabelece as condições de altitude e velocidade ideais para pouso.

- Pouso – é o processo da aeronave quando, já sobre a pista e nas condições adequadas para a aterrissagem, volta ao solo ou condição de inércia (no caso dos helicópteros).

O voo IFR é aquele em que, em qualquer fase do voo com exceção da decolagem e do pouso, a tripulação conduz a aeronave usando somente instrumentos de navegação e performance, independentemente do contato visual com o solo. Faz-se essa ressalva porque pode-se voar por instrumentos em condições de voo visual (VMC – quando há contato visual com, no mínimo, 50% do terreno a sua frente, numa distância e altitude mínimas de 1500 metros e 600 pés, respectivamente) mas não é possível voar por regras visuais em condições de voo por instrumentos (IMC – quando as condições de visibilidade são abaixo das condições visuais) (BRASIL, 2018).

O principal instrumento para a condução do voo é o horizonte artificial ou giro horizonte. Sua função é indicar as inclinações da aeronave nos eixos lateral (*roll*) e vertical (*pitch*), permitindo o controle de acelerações e desacelerações, subidas e descidas e curvas coordenadas, mesmo sem qualquer referência externa. O velocímetro e o indicador de velocidade vertical (*climb*) completam os instrumentos de performance.

Os instrumentos de navegação são aqueles que definem o posicionamento vertical (somente o altímetro) e horizontal da aeronave. O principal instrumento de navegação horizontal é a bússola, porém os mais usados são os que possuem auxílios convencionais de terra (NDB, VOR, DME e ILS – a posição da aeronave é dada em relação às direções do norte magnético e da estação emissora do sinal rádio) ou os que se baseiam em GPS (por coordenadas geográficas).

Os auxílios convencionais NDB (*Non-Directional Beacon*, usado com o ADF) e VOR são de empregos similares, com diferença de facilidade de uso e precisão maior para o VOR. A indicação de posição horizontal é dada por direção para o auxílio (proa ou azimute). São usados para subidas, rotas, chegadas e aproximações (parte inicial ou completa).

O ILS tem o mesmo princípio, porém, além de possuir a indicação de posição horizontal (*localizer* – LOC) também possui indicação de posição vertical (*glide*) e, por sua precisão, é usado somente nas aproximações finais para pouso. Por isso, um aeródromo que possui ILS sempre tem, também, um auxílio NDB ou VOR para a parte inicial da aproximação (normalmente VOR).

O DME é conjugado a algum dos auxílios anteriores e fornece a distância da aeronave à estação. Também é usado em subidas, rotas, chegadas e aproximações, sempre como um complemento à informação do outro auxílio.

Para que o voo por instrumentos seja possível, são usados procedimentos (cartas) padronizados com perfis de voo específicos para cada aeródromo. Estes procedimentos são divididos de acordo com a fase do voo, e trazem referências de performance e navegação que devem ser obrigatoriamente seguidas. Podem ser dos seguintes tipos (BRASIL, 2019):

- SID – *Standart Instrument Departure* – cartas que permitem a subida coordenada IFR até a interceptação da rota definida.

- ENRC – *Enroute Chart* – cartas que definem padrões para o cruzeiro, destinadas a facilitar a navegação com base em auxílios.

- STAR – *Standart Instrument Arrival* – cartas de chegada ou descida por instrumentos, que permitem a saída da rota de cruzeiro até o início da aproximação.

- IAC – *Instrument Approach Chart* – cartas usadas para aproximação.

Para cada aeródromo, existem diversas cartas de cada um destes tipos, com exceção das ENRC, que traçam rotas entre aeródromos. A existência de mais de uma carta para a mesma fase do voo se dá devido as variações de pista de decolagem e pouso, origem e destino dos voos e tipo de auxílio à navegação (convencional ou GPS) no qual o procedimento se baseia.

Em relação às pistas de decolagem e pouso, cabe a explicação que cada aeródromo possui, no mínimo, uma pista com duas cabeceiras para operação, diferentes em 180° – sentidos opostos. Assim, um aeródromo que possui uma pista construída no sentido norte-sul possui, pela terminologia aeronáutica, as cabeceiras 00 e 18 (00 se refere ao azimute 000° norte e 18 se refere ao azimute 180° sul) para pousos e decolagens (usualmente, chama-se a cabeceira de “pista em uso”).

As pistas são construídas de acordo com a direção do vento predominante na região do aeródromo e com obstáculos existentes restritivos aos pousos e decolagens. Para os pousos e decolagens, o ideal é que o vento sopra no sentido contrário ao deslocamento da aeronave, o que aumenta a sustentação pelo melhor desempenho dos perfis aerodinâmicos da fuselagem e das asas. Logo, de acordo com a direção do vento na hora do voo, as pistas em uso no aeródromo são definidas (quem define, normalmente, é o controle de tráfego aéreo).

As cartas IAC também se diferenciam pelo auxílio à navegação convencional na qual se baseiam (BRASIL, 2019). Assim, existem cartas IAC NDB, VOR e ILS, todas podendo ser conjugadas com DME. Também podem se basear na navegação por GPS (o que exclui os auxílios convencionais).

Como exemplos, a carta IAC SBSP ILS 17 é um procedimento de aproximação para o aeródromo de Congonhas – SP, com base em um auxílio ILS, para pouso na pista 17. Já a carta IAC SBGW NDB 02 é um procedimento de aproximação para o aeródromo de Guaratinguetá – GW, com base em um auxílio NDB, para pouso na pista 02.

Além do procedimento de aproximação, as cartas IAC também padronizam o procedimento de aproximação perdida, que é usado no caso de, ao fim da aproximação, a tripulação não conseguir estabelecer contato visual com a pista para executar o pouso. Neste caso, o procedimento de aproximação perdida prevê as condições de arremetida em segurança para a realização de nova aproximação.

2.2 OS NÍVEIS OPERACIONAIS DOS PILOTOS NA AvEx

A Norma Operacional nº 05 do CAvEx (BRASIL, 2017) define os níveis operacionais dos tripulantes da AvEx, os requisitos para que se atinja cada nível e as respectivas funções a bordo, além de outras determinações. Em relação aos pilotos, os níveis colocados são os seguintes:

- Piloto Básico (equivalente ao piloto privado civil) – oficial que concluiu o CPA e o programa de habilitação da aeronave que vai voar. Exerce a função de 2P, que é o responsável por auxiliar o 1P na operação da aeronave, inclusive quanto à pilotagem. Se já concluiu o Estágio de Pilotagem Tática (EPT) e possui mais de 40 horas de voo de experiência na aeronave, é chamado de Piloto Tático.

- Piloto Operacional (equivalente ao piloto comercial civil) – é o oficial que concluiu o Curso de Piloto de Combate e tem experiência suficiente (a partir de 350 horas de voo para aeronave monomotor e 400 pra aeronave bimotor) para, após aprovado por Conselho de Voo, exercer a função de 1P, que é responsável pela operação e segurança da aeronave. Para isso, deve ser capaz de reconhecer e gerenciar ameaças e erros, operar a aeronave dentro dos limites de emprego previstos, executar manobras com suavidade e precisão, demonstrar bom julgamento e aptidão para pilotagem, aplicar conhecimentos aeronáuticos e manter o controle da aeronave durante todo tempo de voo.

- Piloto Instrutor (equivalente ao instrutor de voo civil) - é o oficial que concluiu o Estágio de Qualificação de Instrutores e tem experiência suficiente (a partir de 100 horas de voo

como Piloto Operacional da aeronave) para, após aprovado por Conselho de Voo, ministrar instruções de voo, para aquisição ou recuperação das Habilitações Técnicas (HT).

Por HT (BRASIL, 2017) se entende a capacidade desenvolvida por meio de voos de instrução, com validade determinada, para a realização do voo e para a operação de equipamentos e técnicas militares. Como exemplo, todos os pilotos têm instrução de voo de emergências semestrais para o desempenho da pilotagem básica. Caso não realizem o voo de instrução dentro de seis meses após o último treinamento, não podem tripular até a execução do voo (HT crítica). De forma semelhante é o voo em área restrita, realizado anualmente. Caso não realizem o voo de instrução dentro de um ano após o último treinamento, não podem executar esta manobra até a execução do voo (HT normal).

De acordo com a Norma Operacional nº 06 (BRASIL, 2017), os níveis operacionais e funções a bordo para o voo IFR são similares aos previstos para o voo geral. Os níveis são o 2P IFR (corresponde ao PB), 1P IFR (corresponde ao PO) e o PI IFR (corresponde ao PI) e suas funções como tripulantes são as mesmas as quais correspondem. Os níveis para o voo geral (chamados de níveis VFR, em alusão ao voo visual) são pré-requisitos para que se atinjam os níveis IFR. Logo, é possível que um piloto seja PI VFR, 1P IFR, mas não é possível que seja PB VFR e 1P IFR.

A mesma norma apresenta os requisitos para a elevação para cada um dos níveis, bem como seu anexo A traz o programa de aquisição de HT IFR e as respectivas fases de instrução. Nele estão previstos as fases básica e avançada I, que devem ser, preferencialmente, executadas em simulador, e as fases avançada II, para atingir o nível 2P IFR, e avançada III, para atingir o nível 1P IFR, ambas realizada na aeronave obrigatoriamente.

2.3 O PROGRAMA DE TREINAMENTO DA FASE BÁSICA

O item 1 do anexo A da Norma Operacional nº 06 do CAVEx (BRASIL, 2017) traz o quadro resumo de voos de instrução da fase básica do Estágio de Voo por Instrumentos (EVI), que está colocada abaixo, neste item. Nesta fase, são previstos oito voos de instrução, sendo os sete primeiros de 1,0 hora de voo (hdv) e o último de 1,2 hdv, totalizando 8,2 hdv para a fase. O oitavo voo tem duração aumentada por ser um voo de cheque, ou seja, o aluno é avaliado pelo instrutor em seu desempenho nas principais manobras da fase.

Esta fase tem por objetivo adaptar o piloto às técnicas de pilotagem por instrumentos, desenvolvendo os reflexos necessários para a condução do voo sem a percepção visual externa e sem a percepção orgânica de movimento (fornecida pelo sistema vestibular), através somente das informações fornecidas pelos instrumentos do painel da aeronave.

Os voos têm exercícios de variação de altitude com velocidade e proa constantes, variação de velocidade com altitude e proa constantes, curvas niveladas com velocidade constante, variação de altitude em curva com velocidade constante, curvas e variação de altitude cronometradas, recuperação do voo após atitudes anormais da aeronave, controle de parâmetros de voo com perda de instrumentos e situações de emergência em voo por instrumentos (BRASIL, 2017).

Os exercícios são realizados nos níveis Familiarização (F), no qual o instrutor demonstra ao aluno ou o aluno executa com auxílio e sem avaliação, Treinamento (T), no qual o aluno deve executar a manobra com auxílio do instrutor, Suficiência (S), no qual o aluno deve cumprir o previsto somente com auxílio verbal do instrutor e Proficiência (P), no qual o aluno deve executar

a manobra sem auxílio, somente com pequenas correções verbais para melhorar o desempenho (BRASIL, 2019).

Quadro 1 – Quadro resumo de voos da fase básica do EVI

MISSÕES	EVI 01	EVI 02	EVI 03	EVI 04	EVI 05	EVI 06	EVI 07	EVI 08 (Cheque)
MANOBRAS								
01. Inspeções	F/T	S/P						
02. Subida	F/T	S/P						
03. Voo reto e nivelado	F/T	S/P						
04. Curvas niveladas	F/T	S/P						
05. Variação de atitude	F/T	S/P						
06. Variação de potência	F/T	S/P						
07. Padrão de curvas		F/T	S	P				
08. Padrão “M”			F/T	S/P				
09. Padrão “N”			F/T	S/P				
10. Curvas cronometradas				F/T	S	P		
11. Padrão “P”					F/T	S	P	
12. Atitudes anormais					F/T	S	P	P
13. Painel parcial					F/T	S/P		P
14. Padrão “Q”						F/T	S	P
15. Autorrotação							F/T	S/P
16. Voo monomotor (Lim. 55% Tq)							F/T	S/P
17. Itens comuns:								
a. Cheque cruzado	F	T	T	S	P	*	*	*
b. Suavidade	F	T	T	S	P	*	*	*
c. Reação	F	T	T	S	P	*	*	*
DURAÇÃO	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2

Fonte: BRASIL, 2017.

Em todos os voos são avaliados os seguintes itens: cheque cruzado, que consiste na visualização constante de todos os instrumentos e interpretação baseada no cruzamento de suas de informações; suavidade, que consiste na aplicação de comandos suaves porém efetivos, sem causar atitudes ou variação anormais para o voo; e reação, que consiste em conseguir separar as sensações orgânicas de movimento (sensação de subir/descer, acelerar/desacelerar e estar em curvas/nivelar) das informações provenientes dos instrumentos, que são as únicas confiáveis. Nos voos onde a avaliação não aparece no quadro (consta um asterisco), o instrutor só deve registrar sua avaliação caso o aluno não apresente desempenho satisfatório, tendo em vista o aluno já ser considerado proficiente anteriormente (BRASIL, 2019).

2.4 O PROGRAMA DE TREINAMENTO DA FASE AVANÇADA I

O item 2 do anexo A da Norma Operacional nº 06 do CAVEx (BRASIL, 2017) traz o quadro resumo de voos de instrução da fase avançada I do EVI, também colocado abaixo, neste item. Nesta fase, são previstos nove voos de instrução, sendo o EVI 09 (primeiro da fase) de 1,0 hdv, os EVI 10 e 11 de 1,2 hdv, os EVI 12 a 16 de 1,4 hdv e o EVI de 1,6 hdv, totalizando 12 hdv para a fase. Os primeiros voos têm duração menor porque visam adaptar o voo básico IFR ao voo

baseado em auxílios à navegação, bem como realizar ajustes em órbita para início de aproximação, procedimentos usados em todos os outros voos. O EVI 17 tem duração aumentada por ser um voo de cheque.

Esta fase tem por objetivo a realização de procedimentos de saída (SID), chegada (STAR) e, principalmente, por serem os mais usados, procedimentos de aproximação (IAC), todos baseados em auxílios convencionais (NDB, VOR, DME e ILS). Caso esta fase esteja sendo realizada em aeronave habilitada para procedimentos baseados em GPS (não é o caso do simulador sintético atual), os procedimentos RNAV são inseridos nos treinamentos na mesma sequência de níveis previstos (F, T, S e P), a partir do EVI 14 (BRASIL, 2017).

Quadro 2 – quadro resumo de voos da fase avançada I do EVI

MANOBRAS	MISSÕES	EVI 09	EVI 10	EVI 11	EVI 12	EVI 13	EVI 14	EVI 15	EVI 16	EVI 17 (Cheque)
01. Voo com estação na proa		F/T	S/P							
02. Voo com estação na cauda		F/T	S/P							
03. Mudança de QDR/QDM		F/T	S/P							
04. Mudança de Radial/Curso		F/T	S/P							
05. Reversões		F/T	S/P							
06. Ajuste de órbita (entradas)		F/T	S	P						P
07. Circuito de espera			F/T	S	P					P
08. IAC NDB			F/T	S	P					
09. Aproximação perdida			F	T	S	P				P
10. IAC VOR				F/T	S	P				
11. SID					F/T	S	P			P
12. Procedimento com Arco DME					F/T	S	P			
13. IAC ILS						F/T	S	P		P
14. IAC LOC						F/T	S/P			
15. Procedimento RNAV (1)							F/T	S	P	
16. STAR							F/T	S	P	P
17. Itens comuns:										
a. Cheque cruzado		*	*	*	*	*	*	*	*	*
b. Suavidade		*	*	*	*	*	*	*	*	*
c. Reação		*	*	*	*	*	*	*	*	*
d. Fraseologia			F	T	T	S	P	*	*	*
DURAÇÃO		1.0	1.2	1.2	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.6

(1) Somente aeronaves homologadas

Fonte: BRASIL, 2017.

A exigência em relação ao cheque cruzado, suavidade e reação se mantém, sendo acrescentada a fraseologia como objeto de treinamento e avaliação (comunicação com os órgão de controle do espaço aéreo), tendo em vista os voos serem simulações de situações comuns. A avaliação destes itens segue o mesmo modelo da fase básica (BRASIL, 2019).

2.5 O CADERNO DE PADRONIZAÇÃO PARA INSTRUÇÃO NO SIMULADOR

Desde que os simuladores sintéticos foram desenvolvidos pela AvEx e passaram a ser empregados para a execução das fases básica e avançada I, as UAe têm envidado esforços para

formar capacitar seus pilotos para o voo IFR. Porém, cada UAe e, às vezes, cada instrutor, elaborava um roteiro diferente de instrução, baseado nos parâmetros propostos no quadro resumo de cada fase (a operação do simulador ficava a cargo da Divisão de Simulação do CIAvEx, mas a condução da instrução ficava a cargo da UAe).

Quando a capacitação IFR foi incluída no CPA, em 2016, o CIAvEx formou um corpo permanente de instrutores para a Divisão de Simulação, que elaborou um caderno de padronização (BRASIL, 2019) para que todos os alunos executassem os mesmos procedimentos em cada voo. Esse caderno foi aperfeiçoado de acordo com as experiências colhidas em instrução, otimizando o emprego das horas voadas no simulador. Atualmente, encontra-se na 2ª edição.

Na fase básica, o caderno de padronização apenas descreve os exercícios que estão previstos no item 1 do anexo A da Norma Operacional nº 06 (quadro 1). Esses exercícios já eram descritos no antigo manual de voo por instrumentos usado na AvEx, o que mostra que a fase de adaptação à pilotagem sem referências visuais não teve mudanças relevantes ao longo do tempo.

Na fase avançada I, o caderno de padronização descreve quais procedimentos devem ser realizados para cumprir o item 2 (quadro 2), diversificando e escalonando os exercícios em grau de dificuldade. De acordo com as instruções do caderno, estão previstos os seguintes procedimentos, realizados em 22 aeródromos diferentes e resumidos no quadro abaixo:

Quadro 3 – quantitativo de procedimentos previstos pelo caderno de padronização.

Tipos de procedimento	Procedimentos previstos pelo caderno de padronização	Mínimos para cumprir o previsto pela N Op nº 06
Ajuste de órbita – entrada	5	3
Circuito de espera	5	3
IAC NDB	3	3
Aproximação perdida	7	4
IAC VOR	3	3
SID	6	3
Procedimento com arco DME	6	3
IAC ILS	5	3
IAC LOC	2	2
STAR	4	4

Fonte: Autor, 2019.

2.6 O SIMULADOR DE VOO SINTÉTICO

Segundo Da Rocha (2017), a origem dos simuladores de voo se deu por meio do trabalho de dois sargentos do CIAvEx em 2003, que, utilizando o *software Flight Simulator 3* e um *joystick*, desenvolveram um mecanismo que simulava o voo real. Em 2005, este simulador foi incrementado e ganhou uma sala especial, recebendo recursos da Diretoria de Material de Aviação do Exército para o desenvolvimento de um projeto específico. Em 2008, foi inaugurada a sala de simulação, com quatro cabines artesanais, que operavam cada uma com três computadores e simulavam o painel da aeronave AS 550 Esquilo, além de projetarem os cenários

de voo de todo o Brasil.

Atualmente, soma-se às quatro cabines iniciais uma quinta, projetada e construída conforme o AS 550 A2 (Esquilo modernizado), com painel *full glass cockpit*. As cinco cabines podem interagir dentro de um mesmo cenário, permitindo o adestramento de um pelotão de reconhecimento completo em uma missão operacional. Atuam, também, de forma isolada e em comunicação com uma estação de controle (FERREIRA, 2019).

Figura 1 – Pavilhão dos simuladores de voo sintéticos



Fonte: Divisão de simulação – CIAvEx, 2018.

A partir da estação de controle, é possível controlar os parâmetros de voo da aeronave, alocar a aeronave no espaço, simular panes, estabelecer comunicação bilateral, gravar e acompanhar os perfis de voo em projeções horizontais e verticais. Também é possível regular as condições meteorológicas para a execução dos voos, com ajuste de visibilidade horizontal, teto, nebulosidade, chuva e direção e intensidade de vento. Todas estas possibilidades são incorporadas ao voo efetivamente, afetando as condições de pilotagem de forma muito similar à real.

2.7 CUSTO DAS HORAS DE VOO

Um aspecto relevante a considerar em relação ao uso dos simuladores é a economia que o seu uso proporciona quando comparado ao uso das aeronaves (FERREIRA, 2019). A economia gerada vai além do que é possível mensurar (que é a comparação entre custos de horas de voo), pois na simulação não existem perdas materiais e humanas com possíveis incidentes ou acidentes, apesar das limitações da simulação quando comparada ao voo real.

Para este estudo, serão adotados os valores de horas de voo fornecidos pela DMAvEx à AvEx em janeiro de 2019 (válidos para todo o ano). São eles:

Quadro 4 – Custo de horas de voo na AvEx

Aeronave	Custo da hora de voo – US\$	Custo da hora de voo – R\$ Câmbio do dia 14 Nov 19
Simulador sintético	---	1.295,83
HA-1 (AS 550 – Esquilo)	1.470,80	6.162,65

HM-1 (EC 365 K2)	3.330,10	13.953,12
HM-2 (UH 60 – Black Hawk)	5.980,40	25.057,88
HM-3 (AS 532 – Cougar)	4.675,33	19.589,63
HM-4 (EC 725 – Caracal)	1.780,00	7.458,20

Fonte: DMAvEx – 2019

Em relação aos dados acima, é importante ressaltar que a aeronave AS 550 não é homologada para o voo IFR devido à falta do radar meteorológico, apesar de ser possível realizar os procedimentos IFR em condições visuais para fins de treinamento (da mesma forma como é feito no simulador, considerando que os simuladores de voo da AvEx são baseados no AS 550).

3 MATERIAL E MÉTODO

Conforme salientou-se na introdução, esta é uma pesquisa específica que versa sobre as vantagens da utilização dos simuladores de voo sintéticos na formação de voo IFR dos pilotos da AVEx. Este trabalho se restringiu a análise documental e pesquisa bibliográfica, além de opiniões e experiências pessoais de pilotos instrutores IFR. As impressões sobre o uso do simulador para a execução das fases de instrução básica e avançada I foram conseguidas por meio de entrevistas realizadas pelo autor no decorrer do ano de 2019.

A análise documental deste trabalho pautou-se nas Normas Operacionais do CAVEx (BRASIL, 2017), com a finalidade de verificar os níveis operacionais e seus pré-requisitos, bem como discorrer sobre o programa padrão previsto para a formação IFR em simulador, nas fases básica e avançada I. Pautou-se, também, no Caderno de Padronização (BRASIL, 2019) usado para a instrução das respectivas fases na Divisão de Simulação do CIAvEx, como forma de estabelecer um parâmetro de comparação entre o que é executado em simulador para cumprir o previsto na N Op nº 06 e o que é possível fazer em voo real, bem como em Instruções do Comando da Aeronáutica (ICA) (BRASIL, 2018) para embasar definições técnicas

A pesquisa bibliográfica basou-se em artigos científicos com foco no uso de simuladores na formação das tripulações da AvEx (FERREIRA, 2019 e DA ROCHA, 2017) e na formação de pilotos no CPA (VERGÍLIO, 2017), tudo com o objetivo de conhecer detalhadamente o assunto em estudo e descrever as vantagens da instrução IFR em simulador de voo, tanto econômicas quanto didáticas, apresentando, por fim, o resultado final da instrução, que é a formação 2P IFR dos pilotos em atividade.

4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Como descrito anteriormente, este trabalho tem por objetivos quantificar a economia gerada pelo uso do simulador para a realização das fases básica e avançada I do voo IFR, verificar quais as possibilidades do simulador para a instrução de voo e, por fim, verificar o consequente ganho de operacionalidade das Unidades Aéreas ao receber pilotos oriundos do CPA com a formação IFR em simulador completa.

Com relação ao primeiro objetivo, a tabela de custo já demonstra que uma hora de voo no simulador sintético tem o valor atual correspondente a aproximados 21% do custo da hora de voo da aeronave HA-1, 9% da aeronave HM-1, 5% da aeronave HM-2, 6,5% da aeronave HM-3 e 19% da aeronave HM-4 (devido à questões específicas de contrato do governo federal com a empresa Airbus/Helibrás, que mantém o custo da hdv do HM-4 mais baixo que o normal).

Porém, o fato é que a economia é ainda maior, isso porque, ao realizar os voos de instrução previstos em aeronave real, suas execuções ficam condicionadas ao tráfego aéreo em geral, à presença de outras aeronaves ocupando a mesma área e às condições meteorológicas. Assim, é muito provável que os voos de instrução fora do simulador tenham um tempo de duração maior que o previsto no quadro resumo da fase básica, aumentando o custo de sua realização.

Na fase avançada I, esse aspecto é ainda mais relevante. Considerando que um procedimento de aproximação NDB, seja cumprido com todas as fases previstas no quadro resumo (ajuste em órbita, circuito de espera, afastamento, curva base, final e aproximação perdida), ele possui tempo de execução médio de 15 minutos. Os procedimentos VOR são similares. Já os procedimentos com arco DME não possuem ajuste em órbita e circuito de espera, mas possuem o deslocamento no arco e suas finais são, normalmente, mais longas. Os procedimentos SID, se cumpridos até o fim, tem tempo médio de 15 a 20 minutos de execução. Ou seja, realizar os itens previstos para cada voo da fase avançada I em aeronave real certamente demandaria uma carga maior de horas de voo.

Também é importante colocar que quanto mais tipos de procedimentos existam em um aeródromo ou localidade, mais intenso é o tráfego aéreo. Ou seja, para cumprir os requisitos previstos, ou são necessários deslocamentos aéreos entre aeródromos ou a instrução se submete ao tráfego aéreo em aeródromos de grande porte. Nas duas situações, a demanda por horas de voo aumenta em relação ao simulador.

O caderno de padronização do CIAvEx prevê uma quantidade maior de procedimentos do que o previsto na Norma Operacional. Isso só é possível devido à capacidade do simulador de alocar a aeronave no espaço em qualquer fase do voo, realizando os procedimentos onde eles existirem e eliminando os deslocamentos aéreos do tempo de voo. Por esta razão, as instruções em simulador possuem mais exercícios dentro do tempo previsto para cada voo.

Dentro deste objetivo, um último aspecto a considerar é que o piloto em instrução pode não atingir o nível de desempenho esperado, sendo necessário realizar voos de recuperação. Nas instruções em simulador, isto pode ocorrer, mas é menos comum, pois a continuidade nos voos é regular, o que nem sempre acontece nos voos em aeronave real, tendo em vista a dependência das condições meteorológicas e de disponibilidade de aeronaves para realizar o voo.

O segundo objetivo – verificar as possibilidades do simulador para as instruções de voo – já foi parcialmente atingido nos parágrafos acima. Ainda assim, é importante colocar que o simulador fornece condições ideais para o desenvolvimento das habilidades para o voo IFR, uma vez que piloto está isolado no espaço aéreo, sem necessidade de coordenação com órgão de controle, com condições climáticas estáveis e controladas e, principalmente, oportunidade de erro. Além disso, as ferramentas de visualização do voo e de controle da aeronave no espaço, disponíveis pra o instrutor, possibilitam correções instantâneas, com parada do voo (pausa) para que o instrutor faça a explicação e volta da aeronave ao ponto onde o instrutor achar adequado.

Por fim, as Unidades Aéreas têm conseguido dar sequência à formação IFR dos pilotos oriundos do CPA. Como exemplo, o 2º e 4º BAvEx, que possuem somente aeronaves habilitadas ao voo IFR, formaram todos os seus novos pilotos, desde 2017 (concluentes do CPA a partir de

2016), 2P IFR. Para isso, aproveitaram os deslocamentos para missões aéreas para cumprir a fase avançada II (obrigatória em aeronave) e aumentar seus níveis de operacionalidade.

O 1º e 3º BAvEx possuem aeronaves HA-1, que não são habilitadas ao voo IFR, e somente por esta razão não têm o mesmo resultado (O 1º BAvEx possui HA-1 e HM-4 e o 3º BAvEx possui HA-1 e HM-1). Todos os novos pilotos de HM-1 e HM-4 destas U Ae concluíram a formação 2P IFR. Porém, o fato do piloto concluir as fases básica e avançada I em simulador sendo tripulante de HA-1 também é aumento de operacionalidade para a U Ae, pois, de acordo com a Norma Operacional nº 11 (BRASIL, 2017), que regula o voo com Óculos de Visão Noturna (OVN), para que o piloto possa voar com OVN, ele deve ter concluído as fases de instrução em questão (HA-1 é habilitado para voo OVN e o CPA capacita o piloto aluno).

Atualmente, são raras as oportunidades na AvEx em que uma tripulação escalada para uma missão aérea não possa deslocar-se sob regras de voo por instrumentos até o local de destino. Isso ainda acontece porque existem poucos pilotos formados antes de 2016 que não concluíram suas capacitações. A principal vantagem em ter essa capacidade está no fato da tripulação realizar um voo controlado e dentro de parâmetros de segurança testados e homologados caso haja restrições de visibilidade em rota (tanto meteorológicas quanto de luminosidade).

Ainda neste ponto, cabe ressaltar que, nos últimos quatro anos, o CPA incorporou os módulos de voo por instrumentos, voo com OVN e pilotagem táctica. Esses módulos ainda são, devido haver pilotos não capacitados, estágios isolados ministrados pelo CIAvEx (devem deixar de existir nos próximos anos). Assim, o CPA passou de 10 (de fevereiro a novembro) para 14 meses de duração (de fevereiro a abril), aumentando a carga de voo em, no mínimo, 58,1 horas de voo em HA-1 (22,1 horas OVN e 26,0 horas de pilotagem táctica) e 20,2 horas de voo em simulador (fases básica e avançada I IFR) por aluno.

Apesar da atual formação completa do CPA, as N Op restringem a atuação do piloto nos voos de pilotagem táctica e com uso de OVN à experiência (horas de voo) na aeronave. Para a pilotagem táctica, o piloto deve ter experiência mínima de 40 horas de voo na aeronave a qual está habilitado, e para voar com OVN deve poder executar a pilotagem táctica (BRASIL, 2017).

Dos 10 pilotos formados no CPA no início de 2019, somente dois foram designados para voar HA-1. Esses dois, por já terem cursado o CPA na aeronave HA-1, puderam exercer a pilotagem táctica e o voo com OVN. Os outros oito foram habilitados em aeronaves diferentes, não podendo exercer a pilotagem táctica e o voo com OVN até atingir a marca mínima de 40 horas de voo, o que aconteceu próximo do fim do ano de instrução para todos os pilotos (três em meados de outubro e cinco em meados de novembro). Logo, dos três módulos incorporados no CPA, apenas o módulo de voo IFR teve aplicação imediata para todos os pilotos formados e ganho operacional para todas as U Ae.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando o propósito inicial deste trabalho, que é o de medir a diferença de custos e de possibilidades entre a execução das fases básica e avançada I do voo IFR em simulador e em aeronave, bem como as vantagens, para as U Ae, em receber pilotos recém-formados com a instrução destas fases concluídas, faço as considerações que seguem abaixo.

Considerando o custo de hora de voo de cada uma das aeronaves apresentadas e do simulador sintético, não resta dúvidas que realizar as fases básica e avançada I em simulador, apesar de ser autorizado realizar em aeronaves, é muito mais vantajoso. Porém, é importante

colocar os motivos pelos quais pode-se tomar a decisão de realizar estas fases de instrução em aeronave. Um deles é que a Divisão de Simulação fica em Taubaté, e para que pilotos do 3º e 4º BAvEx (sediados em Campo Grande/MS e Manaus/AM) possam ter instrução, devem ser deslocados. Isso implica mais do que custos de passagens e diárias, pois a U Ae também perde a força de trabalho daquele militar pelo período de execução da instrução.

Outro motivo, e talvez o mais levado em conta, é que, normalmente, as instruções de voo IFR são ministradas em deslocamentos para missões aéreas fora de sede, em aproveitamento. Assim, não há perda de horas de voo nem custos adicionais para a execução destas fases de instrução na aeronave.

Por este motivo, o comparativo de custos é um fator importante para o uso dos simuladores sintéticos, mas não determinante, pois é viável realizar a instrução em aeronaves sem custos adicionais. As vantagens que não podem ser medidas, como a qualidade, as facilidades para instrução e a continuidade dos voos, independentemente de condições meteorológicas e de disponibilidade de aeronaves, além do ganho operacional para as U Ae em receber pilotos prontos para serem habilitados 2P IFR, em curto espaço de tempo, são fatores mais relevantes que o baixo custo do voo em simulador.

Também é importante colocar que ainda existem pilotos formados antes de 2016 não capacitados ao voo IFR e que voam aeronaves habilitadas, o que mostra a dificuldade que as U Ae têm em fazer cumprir as fases básica e avançada I, já que todos os pilotos formados a partir de 2017 realizaram a fase avançada II para a formação 2P IFR. Além disso, reforça o ganho operacional em realizar o estágio de voo por instrumentos durante o CPA, até porque foi o módulo incorporado nos últimos anos com menor custo e maior benefício.

Um fator limitador deste trabalho foi não haver um histórico anual de pilotos e suas habilitações nas U Ae, para que se pudesse identificar, com maior precisão, tudo que foi possível construir ao longo dos últimos dez anos em termos de capacitação de tripulações a partir da consolidação da instrução IFR em simulador. Por mais que seja fácil aos militares que possuem mais de dez anos na AvEx perceber a evolução da composição das tripulações e do nível de segurança de voo proporcionado pelo voo IFR, não foi possível, por meio dos registros formais, estabelecer um quantitativo anual de tripulações IFR capacitadas em cada U Ae.

Por fim, as vantagens do uso do simulador de voo não se restringem à sua aplicação na formação IFR. Porém, para este fim, é possível que os atuais simuladores não atendam a futura demanda, tendo em vista a chegada das modernas aeronaves, com capacidades ampliadas de navegação e de condução do voo, o que poderá exigir uma formação diferente do piloto para o voo IFR. A nova concepção de procedimentos baseados em GPS vai exigir uma atualização da formação dos pilotos e das Normas Operacionais. Neste contexto, surge a necessidade de estudos que requerem um maior aprofundamento sobre as capacidades a serem desenvolvidas pelos pilotos para o voo IFR.

REFERÊNCIAS

ANTAS, Luiz Mendes. **Glossário de Normas Técnicas**. São Paulo, SP, 1979 (Coleção Aeroespacial; t. 1.).

BRASIL. Força Aérea Brasileira. **Regras e Procedimentos Especiais de Tráfego Aéreo para Helicópteros – Instruções do Comando da Aeronáutica (ICA) 100-4** – Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), Brasília, DF, 2018.

_____. Força Aérea Brasileira. **Publicação de Informações Aeronáuticas – AIP BRASIL** – Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), Brasília, DF, 12 set. 2019.

_____. Exército. **Normas Operacionais do Comando de Aviação do Exército**. Taubaté, SP, 2017.

_____. Exército. **Normas para Avaliação da Instrução em Voo (NAIV)** – Centro de Instrução de Aviação do Exército (CIAvEx), 1. ed. Taubaté, SP, 2019.

_____. Exército. **Estágio de voo por instrumentos em simulador: Caderno de padronização** – Centro de Instrução de Aviação do Exército (CIAvEx), 2. ed. Taubaté, SP, 2019.

DA ROCHA, Leonard Soares. **O emprego de dispositivos de simulação de voo no adestramento tático dos pelotões de reconhecimento e ataque da Aviação do Exército, para as missões de combate**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Militares) – Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais (EsAO), Rio de Janeiro, 2017.

FERREIRA, Eduardo Antônio. **A importância da utilização dos simuladores virtuais na constante melhoria dos processos de treinamento dos tripulantes de helicóptero da Aviação do Exército**. 2019. 16p. Artigo Científico (Pós-graduação em Gestão em Administração Pública) – Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS), Universidade Federal de Minas Gerais, Varginha, 2019.

VERGÍLIO, Solano Sampaio. **A formação básica do piloto da Aviação do Exército: uma análise**. 2017. 30 p. Artigo Científico (Pós-graduação em Gestão em Administração Pública) – Centro Universitário do Sul de Minas (UNIS), Universidade Federal de Minas Gerais, Varginha, 2017.