

SISTEMA GARMIN E A SEGURANÇA DE VOO DAS INSTRUÇÕES NO 1º EIA¹

GARMIN SYSTEM AND FLIGHT SAFETY OF INSTRUCTIONS IN THE 1st EIA

Paula Beatriz Gomes de Freitas²

Luis Fernando Hune de Oliveira

RESUMO

A segurança das operações aéreas é uma parte fundamental para o sucesso dessa atividade, para tal, deve-se estar a frente de possíveis riscos ou infortúnios que possam vir a prejudicar a segurança de voo. Tendo isto em vista, a implementação recente do Sistema Garmin na aeronave EMB-312 Tucano, da Academia da Força Aérea, e sua possível interferência na segurança das instruções aéreas é passível de análise, a fim de antever eventuais impactos positivos e negativos. Partindo de uma pesquisa exploratória, este trabalho se propôs a estudar a aeronave e o sistema em questão, estabelecendo conceitos base sobre a segurança de voo e analisando a relação entre as novas funcionalidades oferecidas pelo Sistema Garmin e a seguridade das instruções no 1º Esquadrão de Instrução Aérea (1º EIA). As informações encontradas indicaram que a nova tecnologia pode trazer avanços significativos para a segurança, desde que associado ao correto uso do sistema, ou seja, aliado ao preparo de seus operadores.

Palavras-chaves: Segurança de voo; Sistema Garmin; 1º Esquadrão de Instrução Aérea.

¹ Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) da Academia da Força Aérea (AFA).

² Cadete Aviadora Paula Freitas do 4º Esquadrão (Orthrus, 2023).

*Cap QOAV Luis Fernando Hune de Oliveira. Academia da Força Aérea. Email: hunelfho@fab.mil

ABSTRACT

The safety of air operations is a fundamental part for the success of this activity, and for this, one must be ahead of possible risks or mishaps that may compromise flight safety. With this in mind, the recent implementation of the Garmin System in the EMB-312 Tucano aircraft from the Air Force Academy, and its possible interference in the safety of air instruction is subject to analysis, in order to anticipate potential positive and negative impacts. Based on an exploratory research, this study aimed to investigate the aircraft and the system in question, establishing basic concepts about flight safety and analyzing the relationship between the new features offered by the Garmin System and the safety of instructions in the 1st Air Instruction Squadron (1st EIA). The information found indicated that the new technology can bring significant advances for safety, as long as it is associated with the correct use of the system, that is, in combination with the preparation of its operators.

Keywords: Flight safety; Garmin System; Air instruction.

1 INTRODUÇÃO

Em 1983, as primeiras aeronaves EMB-312 T-27 Tucano foram entregues para Academia da Força Aérea (AFA), e desde então, são utilizadas para instrução dos Cadetes do 4º ano, na qual o futuro oficial aviador tem a oportunidade de realizar manobras, acrobacias, navegação, voo de formatura e voo noturno, consoante dados disponíveis na página oficial do Esquadrão de Demonstração Aérea (EDA, BRASIL, 2022). Após 38 anos, mais especificamente no dia 09 de dezembro de 2021, a AFA voltou a receber exemplares desta aeronave, porém, agora com uma nova pintura e, sobretudo, com um moderno sistema de aviônicos, baseado principalmente no Sistema Garmin, de acordo com informações da página oficial da Força Aérea Brasileira (FAB, BRASIL, 2021).

A aeronave T-27 Tucano é um projeto brasileiro, originado da necessidade de substituição dos jatos Cessna T-37C para treinamento avançado dos Cadetes na AFA, segundo site da FAB (BRASIL, 2022). Devido ao seu design avançado para época e características diferenciadas, como, por exemplo, o assento ejetável Martin-Baker BR8LC e a cabine semelhante as de aviões de caça, visando habituar os futuros oficiais a este tipo de aeronave, o Tucano foi considerado inovador no mercado. Atualmente, a aeronave está presente nas Forças Aéreas da Argentina, Colômbia, Egito, França, Honduras, Irã, Iraque, Paraguai, Peru e Venezuela, consoante informações disponíveis na página digital do EDA (BRASIL, 2022).

Mesmo sendo uma aeronave de referência entre as demais de treinamento, a demanda para sua modernização surgiu para que esta permanecesse realizando suas missões, com sucesso e segurança, segundo informações da Força Aérea em site oficial (BRASIL, 2021). Para tal processo de atualização, foram examinados aspectos como aumento da consciência situacional, substituição dos equipamentos de navegação e comunicação e a capacidade de operar em espaço aéreo por meio de *GPS (Global Positioning System)*, conforme dados do site oficial da FAB (BRASIL, 2021).

Para que este progresso fosse alcançado, as aeronaves Tucano receberam novo sistema de comunicação e de aviônicos, no formato de *glass cockpit*. Este formato mais atualizado, *glass cockpit*, tem a capacidade de integrar as informações sobre controle da aeronave, comunicação, navegação e parâmetros do motor, de acordo com o estudo de Segurança de Voo: “Introdução de Displays Eletrônicos Digitais em Aeronaves de Pequeno Porte”, publicado pelo Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) em 2018.

Segundo o estudo, denominado “*Introduction of Glass Cockpit Avionics into Light Aircraft*”, publicado pela *National Transportation Safety Board (NTSB)* em 2010, essa mudança no conjunto de aviônicos afeta a maneira como os pilotos monitoram informações no *cockpit*. Tendo em vista, essa alteração e considerando que a atividade aérea apresenta riscos, o presente trabalho tem como tema: a influência da implementação do Sistema Garmin na segurança de voo das instruções aéreas do 1º Esquadrão de Instrução Aérea (1º EIA).

Dessarte, é preciso indagar-se: em que medida a introdução do *glass cockpit*, nos anos de 2022 e 2023, afetou a segurança de voo do 1º EIA? Logo, se o Sistema Garmin, realmente, trouxe modificações na segurança das operações no 1º EIA, faz-se necessário uma análise do caráter positivo e/ou negativo dessas alterações.

Assim, como objetivo geral, o trabalho propõe identificar as influências do Sistema Garmin na segurança das operações no 1º EIA. Mais especificamente, conhecer a aeronave e o sistema em questão no contexto da instrução aérea, estabelecer conceitos sobre segurança de voo e analisar a relação das novas funcionalidades com a segurança das instruções.

Uma vez que a segurança de voo é um fator primordial para qualquer operação aérea, torna-se válido realizar um estudo sobre as alterações advindas da implementação do sistema Garmin no T-27 Tucano. Tendo como objetivo aumentar a consciência situacional dos tripulantes durante as operações e conseqüentemente contribuir para o propósito da segurança de voo, de impedir que acidentes, incidentes graves e incidentes aeronáuticos aconteçam, como pregado pela Agência Nacional de Aviação Civil (BRASIL, 2022).

Para mais, visando a contribuição científica do presente trabalho, ressalta-se a importância do constante estudo sobre o avanço da tecnologia na aviação em geral. A fim de servir de apoio para criação das futuras inovações nessa área, podendo essas contribuir de forma mais significativa na segurança das atividades aéreas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SEGURANÇA DE VOO

Com a intenção de diminuir as perdas, a Segurança de Voo surge como um tema sistematizado em um contexto no qual os acidentes aeronáuticos resultavam em uma taxa de 10,1 mortes a cada 160 milhões de quilômetros voados nos Estados Unidos, em 1936 (CROUCH, 2008) e como consequência do crescimento da atividade aérea, da mesma forma, a Segurança de Voo desenvolveu-se e permanece compartilhando da preocupação de aumentar a operacionalidade, ainda segundo a mesma fonte.

Durante a evolução da aviação, as causas dos acidentes já foram analisadas sob diferentes perspectivas. Nos anos de 1930, usava-se de uma ótica uni causal, considerando que o único responsável por desastres aéreos era o ser humano. Tal visão resultou no desenvolvimento de análises das atitudes humanas (FALZON, 2006).

Posteriormente, em 1959, houve a formulação da Teoria dos Dominós, também chamada de Teoria de Heinrich, que pressupõe acidentes como sendo eventos não planejados, nem controlados ou desejados, que causam a interrupção de uma atividade ou função. Assim, começaram-se a sistematizar as investigações de acidentes (ALMEIDA, 2006).

Desse modo, verifica-se que a segurança de voo é uma área que engloba a eficiência da operação aérea por completo, segundo artigo “Fatores que influenciam na segurança de voo” de Álamo Gomes (2018), que ainda alerta para a necessidade da segurança de voo atuar em continuidade com os demais procedimentos, não devendo ser empregada apenas quando necessário, dado que, este momento pode ser tarde demais.

No Brasil, o Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA), órgão do Comando da Aeronáutica, tem a missão de “contribuir para segurança de voo e preservar a capacidade de combate da Força Aérea Brasileira”, de acordo com o site do CENIPA (BRASIL, 2023). Ademais, no âmbito do 1º EIA, a segurança de voo é responsabilidade da Seção de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos da AFA (SIPAA-AFA).

2. 2 FATORES INFLUENCIADORES NA SEGURANÇA DA AVIAÇÃO

Para que medidas de segurança sejam eficazes é necessário entender os aspectos que influenciam o exercício da aviação (GOMES, 2018). Neste artigo, Gomes (2018) define, dentro do contexto de segurança de voo, os fatores como: condições, atos, fatos, omissões, ou a junção destes, que atrelados a outros aspectos da operação, têm como consequência a ocorrência de um incidente ou acidente aeronáutico, formando macrodivisão em: fatores humanos, materiais e operacionais.

Segundo o Instituto de Aviação Civil (IAC), em relatório de 2002, os fatores humanos desdobram-se em duas áreas. A primeira tange a elementos físicos e fisiológicos que interferem no desempenho do indivíduo na atividade aérea e o segundo refere-se ao aspecto psicológico que influencia na performance do tripulante.

Os fatores materiais fracionam-se em três fases: deficiência de projeto, deficiência de fabricação e deficiência no manuseio do material. Sendo que este último está relacionado com a logística do material, movimentação e estocagem, que podem causar falhas ou alterações no desempenho esperado do equipamento (BRASIL, 2002).

Por fim, o fator operacional está ligado a ações planejadas que podem falhar na busca de suas finalidades, sendo a união do fator humano com o material (GROENEWEG, 1998). Além disso, a parte operacional da ocorrência está normalmente associada a outras condições, como: meteorologia adversa, deficiente infraestrutura, falhas na instrução dos profissionais, aplicação dos comandos e coordenação de cabine (GOMES, 2018).

Na conjuntura atual do 1º EIA, com advento de novas tecnologias do T-27 M, torna-se relevante destacar que para tal modernização, a AFA precisou adequar a manutenção e os operadores, a fim de minimizar erros e riscos de acidentes aéreos. Pois, de acordo com análise do uso de tecnologias de *glass cockpit*, feito pela *Federal Aviation Administration (FAA)* em conjunto com indústrias do setor aéreo, em 2003, as aeronaves com tais sistemas tendem a aumentar a segurança, porém, para que isso aconteça os pilotos devem estar preparados para empregar as facilidades da tecnologia, bem como, operá-la dentro de suas limitações.

Tal adequação influenciou vários setores da Academia, como a SIPAA, a Divisão de Operações Aéreas (DOA) e o Grupo Logístico (GLOG), com objetivo de manter a atividade aérea segura e elevar o nível de qualidade da instrução dada ao Cadete Aviador.

2. 2. 1 Ergonomia cognitiva

Dentro dos fatores humanos que influenciam a segurança de voo, pode-se analisar a ergonomia cognitiva. Segundo a Associação Internacional de Ergonomia (*IEA*), ergonomia é a disciplina científica que busca compreender as interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema. Dessa maneira, ergonomia cognitiva concentra-se em estudar os processos mentais, como a percepção, memória, atenção, tomada de decisões, resolução de problemas e carga mental de trabalho, e como estes afetam a interação entre ser-humano e sistema de trabalho, e buscando otimizar essa interação (*IEA*, 2023).

O ato de voar abrange a observação e a reação a eventos que acontecem no meio interno e externo da aeronave (*GOMES*, 2018). Assim, cabe ao piloto usar as informações disponíveis para decidir as ações que garantam a segurança, por conseguinte, nota-se o aspecto do processo cognitivo envolvido diretamente na atividade aérea. Portanto, a ergonomia cognitiva é um tópico relevante, dado que a mudança dos aviônicos pode alterar o modo como as informações são expostas aos pilotos, assim como, adiciona outros tipos de dados ausentes no antigo sistema de aviônicos, e essa preocupação pode contribuir para redução de acidentes aeronáuticos (*PATERSON*, 2003).

Para que a atividade seja realizada de modo seguro e eficaz, o operador da aeronave precisa manter uma relação harmoniosa com a máquina. No caso da aviação, com o advento de novos sistemas, é válido analisar se estes oferecem tal conforto. De acordo com estudo “Ergonomia na Aviação: um estudo crítico da responsabilidade dos pilotos na causalidade dos acidentes”, de Martins E. T. (2006), os novos instrumentos na cabine de voo auxiliam no controle da aeronave, fornecendo grande quantidade de informações que precisam ser compreendidas em um curto espaço de tempo, haja vista a velocidade com que as mudanças acontecem; todavia, o cérebro humano tem um limite de informações, por conseguinte o excesso de informações causa uma sobrecarga, induzindo falhas e erros nas decisões humanas.

2.2.2 Glass Cockpit

O uso da tecnologia de *Glass Cockpit* foi analisada com vistas a segurança de voo, em 2003, pela *Federal Aviation Administration (FAA)* em conjunto com indústrias do setor aéreo, resultando no artigo “*General Aviation Technically Advanced Aircraft – FAA/Industry Safety Study*”. Nesse estudo, as aeronaves com sistema de *glass cockpit* foram denominadas de: “*Technologically Advanced Aircraft*” (*TAA*). De acordo com as conclusões apontadas pela *FAA*, esse tipo de aeronave tem a capacidade de aumentar a segurança, contudo, para que esse potencial seja alcançado os pilotos devem receber

treinamentos que os tornem aptos a empregar as faculdades do sistemas, bem como, operá-los dentro de suas limitações.

A mudança nos sistemas de aviônicos implicaram na segurança de voo, como mostra o relatório “*Technologically Advanced Aircraft – Safety and Training*”, feito pela *Aircraft Owners and Pilots Association (AOPA)*, em 2007. Em tal documento, foi exposto a comparação de acidentes com aeronaves que possuíam o sistemas *glass cockpit (TAA)* e aeronaves com sistemas analógicos de aviônicos, estas últimas identificadas como “*general aviation*” (*GA*). E apresentou os seguintes resultados:

A análise realizada ao preparar este relatório, mostrou que a *TAA* tem proporcionalmente menos acidentes em comparação com a frota de *GA*. A *TAA* experimentou reduções na porcentagem de decolagem/subida, gerenciamento de combustível e acidentes de manobras, e aumentos em pousos, arremessos e acidentes climáticos, em comparação com as demais aeronaves (*AOPA*, 2007, p. 2, tradução nossa) ³

Ainda segundo o relatório, tais resultados são consequência de decisões ruins e maus julgamentos de quem operava o equipamento, ou seja, do fator humano. Por conseguinte, a *AOPA* aponta três desafios trazidos pela introdução dos novos sistemas de aviônicos, são elas:

1. as diferentes características no manuseio físico dos equipamentos;
2. a adoção de novas técnicas de pilotagem;
3. encontrar instrutores e escolas com conhecimentos e experiência em novas aeronaves.

Os obstáculos citados, não só influem na problemática deste projeto, como na aviação em geral, seja ela militar ou civil. Isso se deve ao fato dessas três dificuldades estarem ligadas, essencialmente, a como o fator humano pode alterar as expectativas sobre um novo fator material, nesse caso uma nova tecnologia. Frente a tal fator que interfere na segurança de voo, a *AOPA*, ainda no mesmo relatório, enfatiza a importância de bons treinamentos e do uso de simuladores de voo para melhorar a familiarização dos pilotos aos sistemas de *glass cockpit*.

2. 2. 3 Instrução Aérea

³ “Our analysis, while preparing this report, shows TAA having proportionately fewer accidents compared to the overall GA fleet. TAA have experienced reductions in the percentage of takeoff/climb, fuel management, and maneuvering accidents, and increases in landing, go-around and weather crashes, as compared to the fleet.”

Segundo análise da região sul do Brasil, realizada pelo CENIPA (2018) e disponível em seu site, entre 2004 e 2013, os acidentes em aviação de instrução corresponderam a 41,94% do total no Rio Grande do Sul, 33,87% no Paraná e 24,19% em Santa Catarina, ademais entre novembro de 2013 e outubro de 2014, 16 acidentes e incidentes graves, com quatro fatalidades, foram ligadas a voos de instrução. Portanto, de maneira análoga tendo em vista as dimensões do Brasil, a segurança dos voos de instrução torna-se uma pauta relevante para segurança de voo como um todo.

A preocupação com o treinamento dos novos pilotos já era um tópico na Convenção de Chicago, em 1944, onde houve o desenvolvimento de um anexo sobre obtenção de licença de voo e requisitos mínimos para treinamento que os países deveriam utilizar para desenvolver as instruções de seus novos pilotos (CARDOSO, 2022). Atualmente, cada país pode aprimorar a quantidade de horas de treinamento e tipos de manobra com vistas a sua realidade (regras de tráfego, meteorologia, relevo e infraestrutura), todavia ainda devem seguir os mínimos previstos nas premissas da Organização da Aviação Civil Internacional (KERTESZ, 2022).

Recentemente, a segurança das instruções aéreas foi analisada por Jocimar Caiado Braga, no artigo “Segurança de voo na instrução”, de 2020. Segundo este trabalho, a instrução é um dos tópicos mais delicados da aviação, pois é onde os novos profissionais da aviação serão formados. Tendo isso em mente, a melhora desse setor, por conseguinte, acarreta uma evolução na segurança das atividades aéreas como um todo, formando pilotos mais capacitados, e posteriormente, novos instrutores cada vez melhores.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho utilizou documentos, reportagens, trabalhos acadêmicos e livros, a respeito da aeronave, do Sistema Garmin, da instrução no 1º EIA e da segurança de voo, e a partir destes realizou uma análise descritiva. Logo, foi realizado um exame visando a identificação, registro e análise das características, fatores ou variáveis que se relacionam com o estudo (Perovano, 2016).

Para mais, foram consultados os manuais do Sistema Garmin (G600 Txi, GI 275, CGT-30 C e GTN-650 Xi) e da aeronave EMB-312 Tucano, assim como manuais e documentos sobre a instrução aérea na Academia da Força Aérea, com ênfase no 1º EIA. A análise desses materiais foi feita por meio de uma pesquisa de cunho exploratória. Tal tipo de pesquisa constitui-se de um estudo para aprofundar os conhecimentos sobre o objeto investigado, para que possa se analisar de forma mais

acentuada o domínio pesquisado e alcançar o máximo de informações possíveis, possibilitando esclarecer seu problema de pesquisa (GIL, 2002).

Após a apresentação dos elementos examinados, o estudo aprofundou-se no Sistema Garmin implementado no EMB-312 Tucano e suas capacidades, para isto revisando o manual da referida tecnologia e aventando sobre seu uso na instrução do 1º EIA e sua influência na segurança de voo, correlacionando os fatores dados como relevantes nos estudos prévios analisados e a modernização da aeronave, para discussão sobre a possível melhora na segurança de voo trazida por esses equipamentos.

3.1 EMB-312 T-27 TUCANO

A pedido do então Ministério da Aeronáutica brasileiro, a Embraer iniciou a elaboração de uma aeronave de treinamento básico que pudesse substituir o Cessna T-37C. Sob a direção do engenheiro húngaro, naturalizado brasileiro, Joseph Kovacs, em 1978, foi projetado o EMB-312, contendo um motor turboélice Pratt & Whitney Canada PT6A-25C de 750 SHP, asa baixa, tripá e capacidade para dois ocupantes, dispostos em tandem (um atrás do outro), no qual a cabine traseira é mais alta, possibilitando que o instrutor tenha visibilidade quase completa à frente, de acordo com J. Flores Jr., em “Aeronaves Militares Brasileiras - 1916 -2015”, publicado pela Action Editora, no Rio de Janeiro, em 2015.

Ao final do mesmo ano de início do projeto, um contrato entre o Ministério da Aeronáutica e a Embraer foi feito, o qual incluía dois protótipos e dois exemplares para teste de fadiga, de acordo com J. Flores Jr.. Assim, o FAB 1300, primeiro protótipo, fez sua primeira decolagem no dia 16 de agosto de 1980, de acordo com a mesma fonte.

A partir de então, após sucessivos testes e adequações, a aeronave EMB-312, se aproximava cada vez mais das instruções na Academia da Força Aérea, sendo batizada de “Tucano” por sugestão de um cadete. Foram adquiridos 168 exemplares pela FAB, sendo que os seis primeiros a serem entregues foram destinados à Esquadrilha da Fumaça, em 29 de setembro de 1983, de acordo com site oficial da FAB (BRASIL, 2021).

O Tucano não demonstrou-se, somente, capaz de cumprir com êxito a missão a que lhe foi destinado, o treinamento dos novos pilotos da FAB, como também foi um sucesso no mercado internacional, segundo A. W. Hall, em “*Tucano - the Trainer from Brazil*”, publicado em Scale Aircraft Modelling, em 1991. O triunfo do produto brasileiro deve-se ao *cockpit* com instrumentos dispostos de forma semelhante às aeronaves de caças a jato e de sua operação econômica. Assim, a Embraer vendeu mais de 800 exemplares os quais equipam, atualmente, as Forças Aéreas da

Argentina, França, Paraguai, Peru e Venezuela, para mais, o modelo ainda pode ser fabricado sob licença pela Shorts Brothers, utilizado na Grã-Bretanha, Kuwait e Quênia, e pelo Egito, que exportou a aeronave para o Iraque, segundo a mesma publicação citada anteriormente (HALL, 1991).

Na FAB, este avião é utilizado para instrução no 1º Esquadrão de Instrução Aérea da Academia da Força Aérea, porém já foi utilizado no Esquadrão de Demonstração Aérea, na extinta 2ª Esquadrilha de Ligação e Observação, no 1º Grupo de Aviação de Caça, 1º Grupo de Defesa Aérea, 1º/3º GAV, 2º/3º GAV, 3º/3º GAV, 1º/5º GAV e 1º/14º GAV, segundo informações do site oficial da FAB (BRASIL, 2021).

Em 2018, uma licitação foi apresentada com a proposta de modernização de 50 unidades de T-27. Segundo o documento apresentado pela FAB na licitação, o pedido se deve à "obsolescência tecnológica e logística" que tem prejudicado a manutenção de equipamentos fundamentais para a disponibilidade da frota. Para mais, o documento ainda tece comentários sobre os instrumentos de voo e sistemas de comunicação e navegação que encontravam-se desatualizados, comprometendo o desempenho da operação, a formação do cadete e a segurança de voo, quando em condições *IFR* (*Instrument Flight Rules*, em tradução livre, voo por instrumento).

De acordo com o solicitado pela FAB, o projeto de modernização deveria considerar:

GLASS COCKPIT - é um conceito de painel de 'cockpit' onde são aplicados sistemas eletrônicos de instrumentos de voo, que utilizam telas de cristal líquido (*LCD*) para apresentação integrada de todas as informações dos sistemas de navegação, de comunicação e de parâmetros dos motores. (Projeto Básico de Instalação do Sistema Aviônico das Aeronaves T-27 Tucano (EMB-312), Ministério da Defesa, Comando da Aeronáutica, 2018, p. 3)

Além de, após a modernização, a aeronave deveria ser capaz de:

7.1 - Voos por instrumentos, bem como as navegações e aproximações de acordo com o conceito de *PBN* (*Performance-Based Navigation*), *RNAV* (*Area Navigation*) e *RNP* (*Required Navigation Performance*), no período diurno e noturno, sem nenhuma restrição de luminosidade;

7.2 - Voos visuais e acrobáticos sem qualquer restrição de carga G, dentro do envelope de voo previsto pelo fabricante da aeronave, o qual é definido pela O.T.1T27-1. (Projeto Básico de Instalação do Sistema Aviônico das Aeronaves T-27 Tucano (EMB-312), Ministério da Defesa, Comando da Aeronáutica, 2018, p. 12)

No mesmo ano da licitação, iniciou-se a modernização pela empresa Albatross, em conjunto com o Parque de Material Aeronáutico de Lagoa Santa. Dois anos depois, o primeiro

exemplar com novos aviônicos foi entregue à FAB, contendo o Sistema Garmin, que possibilitou cumprir as exigências feitas na licitação da modernização. Em dezembro de 2021, quatro aeronaves T-27 M , como estão sendo chamados os modelos modernizados, foram entregues na AFA (BRASIL, 2021). Tais aeronaves com atualizado sistema de aviônicos vêm sendo utilizadas para instrução dos cadetes do quarto ano, desde 2022.



Figura 1 Painel do T-27 antes da modernização

Fonte: foto retirada da aula ministrada pelo Cap Av Conte aos Cadetes do terceiro ano da AFA (2022), durante o Estágio Preparatório para Instrução Básica

3. 2 SISTEMA GARMIN

3. 2. 1 Descrição e histórico do Sistema Garmin

O Sistema Garmin consiste em equipamentos de navegação e comunicação usados em aeronaves de pequeno porte, de acordo com o site da empresa responsável por tais dispositivos, Garmin Ltd., uma empresa americana especializada em tecnologia de navegação por satélite.

De acordo com a fonte citada anteriormente, o primeiro sistema Garmin foi lançado em 1991, tratava-se de um receptor *GPS* portátil. Atualmente, a empresa expandiu sua linha de produtos e oferece uma variedade de equipamentos de navegação, comunicação e sistemas de controle de voo para aeronaves de pequeno e médio porte.

O uso de tal sistema em aeronaves de pequeno porte, como é o caso do Tucano, tem se tornado mais comum, consequência de sua facilidade de uso, precisão e confiabilidade, segundo a empresa. As possibilidades que abrangem o sistema permitem que o piloto planeje rotas de voo mais eficientes e seguras, visto que dispõe de informações sobre condições meteorológicas, terreno e a posição da aeronave em tempo real.

3. 2. 2 Modelos implementados no EMB-312 Tucano e principais funcionalidades



Figura 2 Painel do T-27 após a modernização

Fonte: foto retirada da aula ministrada pelo Cap Av Conte aos Cadetes do terceiro ano da AFA (2022), durante o Estágio Preparatório para Instrução Básica

A modernização do Tucano consistiu na implementação de novas ferramentas tecnológicas: G-600 Txi, GI 275 (*MFI*), CGT-30C (*BEI*), GTN-650Xi e um controle remoto dos rádios e fadigômetro (*BFC*), segundo o Manual de Voo da Aeronave Suplementar (2022), fornecido pelo Parque de Material Aeronáutico de Lagoa Santa (PAMA LS).

Segundo este manual, o G-600 Txi é um sistema de exibição de voo primário (*PFD*), ou seja, apresenta a atitude (posição do “nariz” da aeronave em relação ao horizonte), proa, velocidade no ar, altitude e velocidade vertical; ademais, ainda contém o *Multi-function Display (MFD)*, que pode exibir dentre várias funções, um mapa móvel, informações de tráfego, terreno, aerovias, espaços aéreos e clima. Além dessas funcionalidades, o sistema mostra dados do motor e combustível, através do *Engine Indicating System (EIS)*. Tais informações disponibilizadas são providas por outros equipamentos que, também, fazem parte da nova arquitetura aviônica, como dois dispositivos *AHRS (Attitude and Heading Reference System, tradução livre, sistema de referência de atitude e rumo)* de alta performance, modelo GRS 7800, e dois *ADC (Air data Computer, tradução livre, computador de dados de ar)*. A duplicidade desses últimos equipamentos citados promove mais confiabilidade, pois compara os dados obtidos, e ainda funciona como *backup* em caso de falha de um deles, gerando mais segurança.

O Sistema de Navegação *GPS* é feito por meio do GTN-650 Xi, que além de *GPS*, engloba um equipamento de rádio *VHF (Very High Frequency)* e equipamento de aproximação (*VOR/ILS/MB*), de acordo com a mesma fonte. Para mais, a operação do transponder (dispositivo

radar), modelo GTX-345R, é feita por meio do *GPS*. Ressalta-se que, o modelo GTX tem tecnologia *ADS-B* (*Automatic Dependet Surveillance - Broadcast*, em tradução livre, sistema de vigilância aérea automático dependente por radiodifusão), que possibilita a detecção e monitoramento de outras aeronaves (Manual de voo da aeronave suplementar, 2022).

A aeronave dispõe de um display secundário, *GI 275 Multi-Funtion Instrument (MFI)*, que possui um *ADC*, *GPS*, *AHRS* e uma bateria interna próprios, que possibilita a operação e obtenção de dados essenciais para voo, como velocidade, altitude, velocidade vertical e direção magnética, em caso de falha elétrica total.

A segurança do voo aumenta ao passo que os dados de motor fornecidos pelo *EIS* também podem ser visualizados pelo Instrumento *Backup* de Motor (*BEI*), modelo *CGR-30C*; e os sistemas de comunicação e navegação *VOR* podem ser controlados pelo painel de controle remoto de frequências (*BFC*), caso falha do *G-600 Txi* ou falha no *GTN-650 Xi*, respectivamente, conforme o manual Suplementar da aeronave.

A redundância proporcionada pela modernização é um dos aspectos apontados quando o tema da segurança das operações no 1º EIA é analisado. Visto que, falhas na aeronave foram associadas como contribuintes de mais de 80% dos acidentes aéreos analisados pela *National Transportation Safety Board (NTSB)*, entre 2012 e 2021, conforme dados disponíveis no site desta agência governamental (ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 2023).

3. 2. 3 Novas ferramentas

A partir da análise dos manuais técnicos dos equipamentos instalados na aeronave, foram listadas novas ferramentas que possibilitam melhorar a segurança de voo, tendo em vista pontos como: fatores humanos, ergonomia cognitiva, fatores materiais e fatores operacionais.

Assim, nos equipamentos *GTN-650 Xi* e *G-600* pode-se destacar as seguintes funções:

a) *Emergency modes*: área destinada para auxiliar o piloto em caso de falha no motor. O manual destaca que o recurso pode auxiliar na redução da carga de trabalho. Dentro desse modo é encontrada a função:

- 1) *Smart Glide*: permite a localização rápida do curso para o aeródromo mais adequado dentro do intervalo de planeio da aeronave, considerando terrenos, obstáculos e condição climática, substituindo o plano de voo para uma rota direta ao destino adequado, indicando a melhor velocidade de planeio, trocando a frequência do transponder para 7700 automaticamente (indicador

mundial para perigo grave ou iminente que necessita auxilia imediato, de acordo com ANAC) e sintoniza a frequência em espera (*stand-by*) do rádio para a livre (123.45) ou do órgão de controle do aeródromo. Caso nenhum aeródromo seja identificado pelo sistema dentro do intervalo de planeio, irá fornecer o alcance da aeronave no mapa e sintonizar na espera a frequência de emergência (121.5). Tais informações são mostradas com auxílio do *MFD* no G600 Txi;



Figura 3 Tela do *MFD* com a função *Smart Glide* ativa

Fonte: *G500 (H)/G600/G700 Txi Pilot's Guide* (2017, p. 9-32)

- b) *Trip Planning*: possibilita a visualização das informações de trajetória ideal, distância, tempo e hora estimados para chegada e altitude segura em rota;

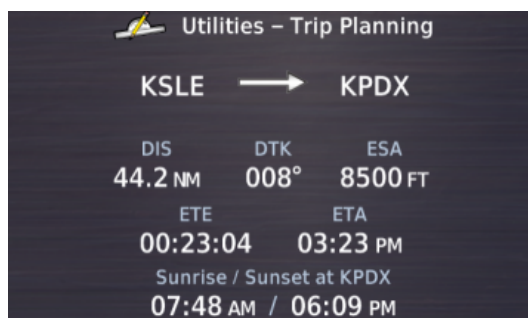


Figura 4 Tela do *GTN* com a função *Trip Planning* ativa

Fonte: *GTN Xi Séries Pilot's Guide* (2019, p. 4-10)

- c) *Fuel Planning*: calcula o combustível com base na rota, velocidade e fluxo deste ao longo de um plano de voo cadastrado no sistema (ativo ou não);



Figura 5 Tela do GTN com a função *Fuel Planning* ativa

Fonte: *GTN Xi Séries Pilot's Guide* (2019, p. 4-13)

- d) *Stormscope*: detecta descargas elétricas em um raio de 200 NM da posição da aeronave, podendo a mostrá-las na tela do G600 Txi, no *MDF*;

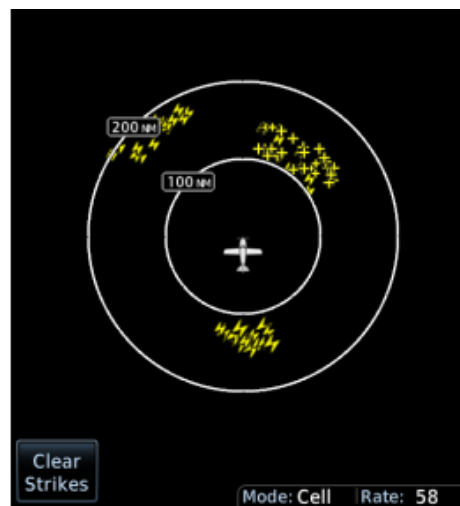


Figura 6 Tela do *MFD* com a função *Stormscope* ativa

Fonte: *G500 (H)/G600/G700 TXi Pilot's Guide* (2017, p. 5-46)

- e) *Terrain*: com base em um banco de dados e na projeção da posição da aeronave, esta função mostra a proximidade relativa entre o relevo ou obstáculos e o avião. Conjugada com o sistema *TAWS* (*Terrain Awareness Warning System*) que fornece alertas visuais e sonoros caso a distância seja considerada crítica (menor ou igual a 100 ft);

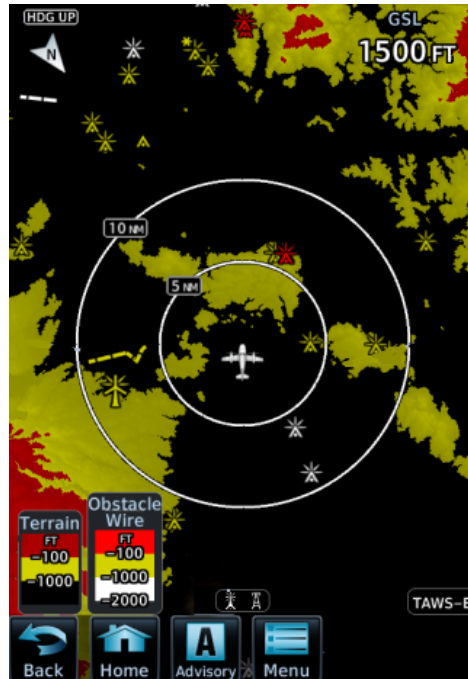


Figura 7 Tela do MFD com a função *Terrain* ativa

Fonte: *G500 (H)/G600/G700 TXi Pilot's Guide* (2017, p. 7-5)

f) *Traffic*: exibe os tráfegos próximos à aeronave de acordo com seu posicionamento e raio de distância selecionado pelo piloto, contribuindo para prevenção de colisão e consciência espacial dos operadores. Porém, são detectadas apenas aeronaves com o sistema *ADS-B* (*Automatic Dependent Surveillance-Broadcast*);

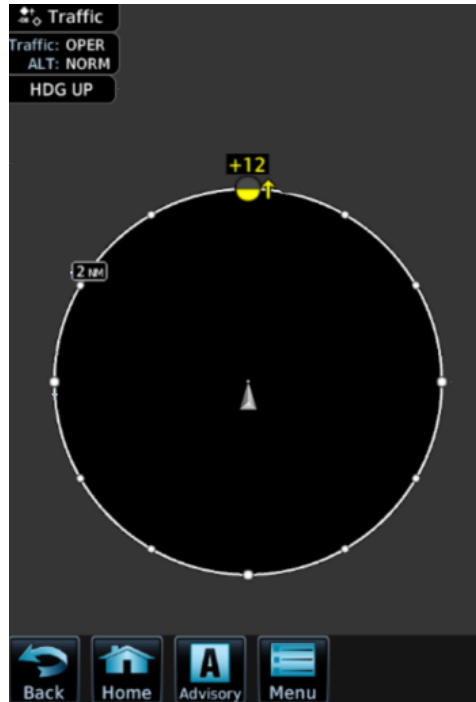


Figura 8 Tela do MFD com a função *Traffic* ativa

Fonte: *G500 (H)/G600/G700 TXi Pilot's Guide* (2017, p. 6-3)

- g) *Exceedance Logging*: após algum parâmetro exceder seu limite, esta função armazena os dados do ocorrido e sua duração, para que a tripulação e a manutenção tenham maior controle e informações sobre o acontecimento;

System - Exceedances			
Date	Gauge	Exceed	Advisory
06-FEB-19 20:28 utc	ITT	Unknown	ACK Alert
06-FEB-19 18:57 utc	ITT	Unknown	ACK Alert
06-FEB-19 18:56 utc	TRQ	17.0 sec	UNACK Alert
06-FEB-19 18:56 utc	NP	13.0 sec	UNACK Alert
06-FEB-19 18:56 utc	NG	11.0 sec	ACK Alert
06-FEB-19 18:56 utc	TRQ	15.0 sec	ACK Alert
06-FEB-19 18:55 utc	NG	27.0 sec	ACK Alert
06-FEB-19 18:55 utc	TRQ	49.0 sec	ACK Alert

Figura 9 Tela do MFD com a função *Exceedance* ativa

Fonte: *G500 (H)/G600/G700 TXi Pilot's Guide* (2017, p. 1-74)

h) *Declutter*: quando a aeronave se encontra em atitudes extremas (inclinação maior que 65° , nariz acima dos 30° ou abaixo de 20°) o sistema retira da tela informações não essenciais, com a finalidade de manter o piloto atento para recuperação da aeronave;



Figura 10 Tela do PFD com a função declutter ativa

Fonte: G500 (H)/G600/G700 TXi Pilot's Guide (2017, p. 2-14)

i) *Relative Wind Data*: o sistema calcula o vento atual durante o voo e exibe os dados ao piloto em sua tela principal (PFD);

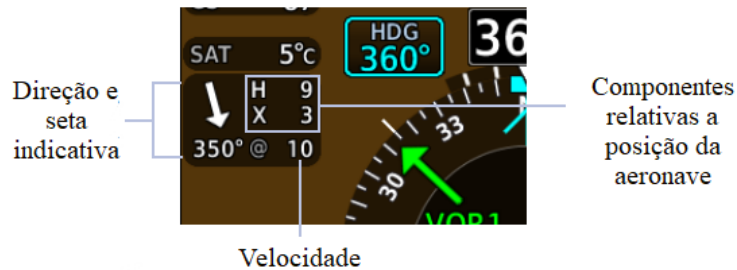


Figura 11 Indicação de vento na tela do PFD com legenda traduzida

Fonte: G500 (H)/G600/G700 TXi Pilot's Guide (2017, p. 2-55)

j) *AGL Display*: exibe a altura real em relação a posição da aeronave, com base no banco de dados sobre o terreno;

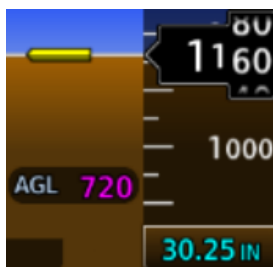


Figura 12 Indicação de altura na tela do PFD

Fonte: G500 (H)/G600/G700 TXi Pilot's Guide (2017, p. 2-61)

- k) *MAP*: mostra o mapa adjunto com a posição da aeronave, de tráfegos, terreno e obstáculos, limites de espaços aéreos e pistas;

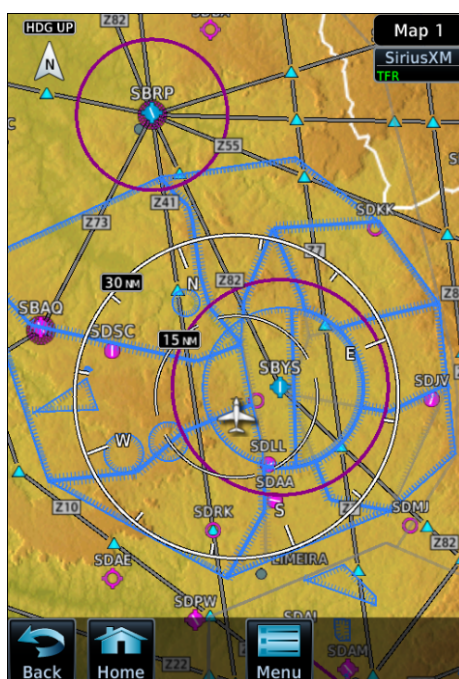


Figura 13 Página da *MAP* ativa no *MFD* sobre o espaço aérea da AFA

Fonte: foto de elaboração própria com base no simulador oficial da Garmin do G600 TXi

- l) Sistema de alertas visual e sonoro: indica ao piloto de modo claro a presença de uma condição que requer atenção imediata (*WARNING*), como perda do motor; uma condição de atenção que pode exigir ação da tripulação (*CAUTION*), como a perda de um equipamento; ou ainda, um aviso que pode contribuir ou evoluir para uma situação perigosa em voo (*ADVISORY*), inoperância de algum sistema de navegação, por exemplo, fornecendo ao piloto informações em tempo real que podem lhe ajudar na tomada de decisões. Ademais, outro tipo de alerta, o *Pop-up*

Alerts, será emitido em casos de terreno, de acordo com banco de dados, e tráfegos muito próximos ou quando a bateria estiver em nível mínimo.



Figura 14 Aviso de *Pull up* na tela do MFD (*Pop-ups Alerts*)

Fonte: foto de elaboração própria com base no simulador do G600 TXi

Por fim, ressalta-se ainda o aparelho GI 275 *Multi-Function Instrument (MFI)*, que serve como backup de funções do GTN-650 Xi e G600 Txi, como por exemplo, indicador de atitude, velocímetro, altímetro, possuindo a página *MAP*, página para auxílio à navegação e *Traffic*.

3.3 INSTRUÇÃO AÉREA NO 1º EIA

O 1º Esquadrão de Instrução Aérea é destinado a instrução dos cadetes aviadores em seu último ano de formação. Ao final do curso o cadete deve ter a capacidade de realizar navegação aérea segundo as regras de tráfego aéreo nacionais, aplicar os conceitos, fundamentos e filosofia do Sistema de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos com vistas a segurança de voo, de acordo com o documento que baliza o perfil profissional dos oficiais da FAB (MCA 36-8/2021).

Para que este objetivo seja alcançado o curso realizado no 1º EIA é composto pelas fases de pré solo, manobras e acrobacias, voo por instrumentos, voo em formatura, navegação visual e navegação por instrumento, de acordo com o Programa de Instrução e Manutenção Operacional da AFA (PIMO, 2023).

Durante a fase de Pré solo, o cadete aprende a controlar a aeronave em situações normais, de pouca sustentação, decolagens, pousos, além de aprender as ações corretivas em caso de falha do motor, parafuso e falha elétrica. Ao final dessa fase, o cadete realiza dois voos sem a presença do

instrutor, comumente chamado “voo solo”. Ao total o cadete realiza 10 voos solos, distribuídos nas fases de pré solo, manobras e acrobacias, formatura e navegação visual, todos dentro de uma área de instrução delimitada. Ainda ocorrem os voos de navegação para outros aeródromos no país, nos quais o cadete irá encontrar-se em regiões que não está familiarizado (PIMO, 2023).

Ao longo do curso ocorre também o “Programa de capacitação gradual nos recursos aviônicos da aeronave T-27 M”, dividido em quatro módulos, no qual o cadete deve utilizar layouts pré-definidos ou sugeridos para cada fase. Para tal, as telas de aviônicos foram divididas em GDU, engloba o *PFD* e *MFD*, em *GTN* e *MFI*, e em cada fase existe uma configuração prevista, de acordo com Manual de Procedimentos (MAPRO, 2023).

Quadro 1 Módulos de aprendizado do Sistema Garmin no ano de 2023

Módulos de aprendizado	Fases de voo	Layout de telas	Habilidades adquiridas / avaliadas
Módulo 1	Pré-solo/ Noturno	GDU: Full PFD GTN: Default Nav MFI: ADI	<p>GDU:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Operar e configurar página PFD, exceto o formato HSI Map e SVT (visão sintética); - Operar e configurar a página Engine e System no MFD, bem como a página EIS, identificando os sistemas de alarmes e avisos. <p>GTN:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conferir o Database / Instrument Panel Self-Test; - Operar o COM1/COM2/NAV1 e Transponder; - Operar e configurar a página Default Nav, bem como a função Direct-To (SBYS/PIR); - Operar a página Nearest (Airport);e - Operar e configurar a página System. <p>MFI:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Operar e configurar a página ADI. <p>BKP Rádios e BKP Motor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Operar
Módulo 2	Manobras e	GDU: Full PFD*	<p>GDU:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Todo o Módulo 1; +

	Acrobacias / Formatura	<p>GTN: <i>Default Nav / Nav Map / Traffic</i></p> <p>MFI: <i>ADI / Traffic / Map / HSI Map</i></p>	<p>- Operar o <i>HSI Map</i> na página PFD; e - Operar e configurar as páginas <i>Map</i> e <i>Traffic</i> no MFD..</p> <p>GTN: - Todo o Módulo 1; + - Operar e configurar a página <i>Nav Map</i> e <i>Traffic</i>;</p> <p>MFI: - Todo o Módulo 1; + - Operar e configurar a página <i>Traffic</i>, <i>Map</i> e <i>HSI Map</i>.</p> <p>*Durante os exercícios deverá ser utilizado o <i>Full PFD</i>, podendo acessar o <i>MFD (split)</i> entre exercícios, ida e regresso da área. Na saída, na entrada do tráfego (tobogã) e no tráfego deverá estar obrigatoriamente em <i>Full PFD</i>.</p>
Módulo 3	Instrumento	<p>GDU: <i>Full PFD / PFD+Map / PFD+Charts</i></p> <p>GTN: <i>Default Nav / Nav Map / Traffic / Flight Plan</i></p> <p>MFI: <i>ADI / Traffic / Map / HSI Map / CDI</i></p>	<p>GDU: - Módulo 2; + - Operar e configurar a página Terrain, Charts e Waypoint Info no MFD.</p> <p>GTN: - Módulo 2; + - Operar e configurar a página Terrain, Procedures, Waypoint info e Utilities. - Na página Flight Plan ativar VNAV e Hold.</p> <p>MFI: - Módulo 2; + - Operar e configurar a página CDI.</p>
Módulo 4	Navegação	<p>Navegação visual:</p> <p>GDU: <i>Full PFD / PFD+Terrain / PFD+Map</i></p>	<p>GDU: - Módulo 3; + - Operar o SVT (visão sintética) na página PFD; - Operar e configurar a página Flight Plan, Weather no MFD e demais funções disponíveis no equipamento.</p>

		<p>GTN: A critério</p> <p>MFI: A critério</p> <p>Navegação instrument</p> <p>o: GDU: A critério</p> <p>GTN: A critério</p> <p>MFI: A critério*</p>	<p>GTN:</p> <p>- Módulo 3; +</p> <p>- Operar e configurar a página Flight Plan, Weather, Nearest e demais funções disponíveis no equipamento.</p> <p>MFI:</p> <p>- Módulo 3; +</p> <p>- Operar e configurar a página Stormscope e demais funções disponíveis no equipamento.</p> <p>*Em instrumento real, é obrigatório a página ADI no MFI</p>
--	--	---	--

Fonte: Manual de Procedimentos 2023 do 1º EIA (BRASIL, 2023).

4 RESULTADOS

A partir da exposição sobre o uso dessa tecnologia na instrução dos cadetes e os conceitos de segurança de voo, cabe relacionar a aplicação desses produtos elencados no voo de instrução do 1º EIA, com vistas a evitar incidentes e acidentes, assim como auxiliar em caso de panes.

Durante todo o curso o cadete é exposto a diferentes situações, variando de voo isolado ou em formatura, dentro de uma área definida ou em rota, em atitudes pequenas ou extremas, todavia, durante todas as fases algumas práticas são comuns, como partida, táxi, decolagem e pouso. Assim sendo, para iniciar a análise do uso da tecnologia, foram examinadas suas vantagens e desvantagens em momentos “comuns” do voo, presentes em todo curso.

Dessa forma, pode-se citar o uso da função “*Exceedance*”, pois contribui para o melhor controle dos parâmetros, principalmente durante a partida e decolagem, tanto pela tripulação, que perceberá anormalidades de maneira mais fácil, com auxílio de indicações que mudam de cor automaticamente, quanto pela manutenção, que terá o registro dos parâmetros alcançados pelo motor.

Tendo em vista que as condições meteorológicas são uma variável do fator operacional da segurança de voo, pode-se mencionar a influência do vento durante decolagens e pousos, principalmente quando este se faz presente em forma de rajadas, definidas como “perigosas” para pequenas aeronaves pela ANAC (BRASIL, 2021). O sistema Garmin, por meio do *Relative Wind Data*, disponibiliza as informações de vento, direção e intensidade, além das componentes de proa,

través e cauda de acordo com a posição da aeronave, dessa forma, possibilitando com que o piloto tenha maior consciência do ambiente em que a aeronave está voando.

Terminada a fase de pré solo, o cadete pode utilizar mais funções do Sistema Garmin, como por exemplo as páginas *Map* e *Traffic*. Utilizando estas ferramentas é possível obter informações ambientais, como local presente e aeronaves próximas, as quais são exibidas em tempo real para o piloto. Por conseguinte, se localizando melhor e tendo uma melhor noção de sua proximidade vertical e horizontal com outros, o cadete pode conduzir seu voo de modo mais seguro, distanciando-se de terceiros antes que a distância fique próxima. Isto é notório durante procedimentos por instrumentos e tráfegos visuais, nos quais a altura da aeronave não permite tanta liberdade para que os conflitos de trajetória sejam resolvidos por meio de distanciamentos verticais, a ciência sobre o seu posicionamento e dos demais, proporciona ao cadete uma antevisão aos problemas, podendo fazer as coordenações necessárias para que tais situações não venham a agravar-se.

Vale ressaltar que, durante os voos dentro da área definida pelo 1º EIA, o cadete deve ter o conhecimento das pistas alternativas em caso de falhas de motor ou degradação das condições meteorológicas na AFA. Porém, durante voos em rota a escolha de uma nova alternativa em caso de degradação meteorológica pode ser auxiliada pelas funções *Trip Planning*, *Fuel Planning* e *Stormscope*. Com o uso destas, as informações como tempo estimado de chegada na trajetória atual, cálculos de combustível para escolha de um aeródromo de alternativa e condições na rota são facilmente acessados. Anteriormente, o cálculo de combustível, por exemplo, teria que ser feito pelo cadete de modo manual, aumentando o tempo para obtenção de tal informação e sujeitando o resultado a erros, para mais, também, não haveria como ter o controle das descargas elétricas durante a rota.

Da mesma maneira, durante falhas de motor, em voos próximos ou distantes da AFA, as funções *Smart Glide*, *Terrain*, *AGL Display* auxiliam na escolha da pista mais adequada, aumentando a probabilidade de sucesso de um pouso em emergência. Ainda, com vistas a possíveis emergências durante o voo, o piloto receberá notificações do “Sistema de alertas visual e sonoro” contribuindo para a fácil identificação da situação, aumentando o tempo para resposta e tentativa de solucionar a anormalidade. Para mais a duplicidade nas informações, possibilitadas pelo *MFI* e *BEI*, asseguram a maior confiabilidade do Sistema, aumentando a segurança durante o voo, segundo o próprio manual da aeronave.

5 DISCUSSÕES

A partir dos resultados sobre a relação do uso dos novos aparelhos na instrução, é possível discutir sobre a influência na segurança dos voos. Assim, o primeiro ponto a ser debatido é a interferência ainda no solo, afinal como definido por Gomes (2018) um dos fatores influenciadores da segurança de voo é o material. Este, por sua vez, de acordo com a IAC (BRASIL, 2022), está ligado à manutenção das aeronaves. Assim pode-se notar, que o uso da função Exceedance contribuiu para esse aspecto, visto que os mecânicos e tripulantes podem ter maior controle dos parâmetros da aeronave, melhorando a manutenção e minimizando possíveis incidentes ou acidentes ligados a tal fator.

Outro tópico a ser analisado é o fator humano, dentro desta interferência a *AOPA* em artigo de 2007, já previa os reflexos da atualização dos aviônicos no treinamento dos pilotos, pontuando a necessidade de mudança no processo de aprendizagem do uso dos novos equipamentos. Paralelamente a isto, o CENIPA (2018) ressaltou que as novas tecnologias exigiriam um adequado modelo de ensino para que as vantagens advindas da modernização não se anulassem, devido a falta de conhecimento dos pilotos sobre os equipamentos. Seguindo por esses preceitos, o Programa de capacitação gradual nos recursos aviônicos da aeronave T-27M foi uma forma de antever lacunas de segurança relacionadas ao conhecimento. Logo, uma consequência em potencial, que seria negativa, da implementação do Sistema Garmin sobre a segurança dos voos de instrução foi prevenida.

Ademais, a duplicidade nas informações, possibilitadas pelo *MFI* e *BEI*, asseguram a maior confiabilidade do sistema e o aumento da segurança durante o voo, segundo o próprio manual dos equipamentos. Tal redundância é um modo de barrar a sequência de eventos indesejados que resultam em acidentes ou incidentes, previstos pela Teoria dos Dominós, segundo Gomes (2018).

Por último, deve-se também estudar as influências no fator operacional, ligado ao processo decisório, portanto a consciência situacional dos tripulantes, que é a apreensão de elementos ambientais e sua projeção em situações futuras, de acordo com a ANAC. Por conseguinte, conectada com a ergonomia cognitiva, ao processo decisório do piloto. Retomando o uso das novas ferramentas no voo de instrução, pode-se perceber que a maioria visa aumentar a consciência situacional e auxiliar o tripulante em suas escolhas, seja em situações normais ou emergências. Isto é feito por meios de informações sobre o ambiente a sua volta (*MAP, Traffic, Terrain, Stormscope, Relative Wind Data, AGL Display*), sobre as possibilidades de alcance da aeronave (*Trip planning,*

Fuel Planning) ou alertas. Assim, com o aumento da consciência situacional, o processo decisório pode ser melhorado, impactando de forma positiva a segurança de voo e corroborando com o indicado pela *FAA* e *AOPA*.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos objetivos estabelecidos no início do trabalho, pode-se notar que a aeronave EMB-312 Tucano (T-27 M) continua cumprindo com êxito a sua função na Academia da Força Aérea e o advento do Sistema Garmin aperfeiçoou ainda mais suas capacidades, visando preparar os futuros oficiais para a aviação moderna e tecnológica que encontrarão após formados no Brasil e no exterior. Após estabelecer conceitos básicos sobre segurança de voo, foi possível analisar os manuais dos equipamentos do T-27 M e elencar possíveis ferramentas que auxiliam o tripulante quanto a sua segurança durante voos e emergências. Conseqüentemente, percebeu-se que os novos aviônicos trouxeram dispositivos que alteram significativamente o processo decisório do piloto, contribuindo para sua seguridade.

Todavia, com vistas aos aeronavegantes mais inexperientes que pilotam este avião, foi necessário analisar o processo de instrução e as padronizações utilizadas nesse tipo de voo (instrução), para aferir se as contribuições preconizadas pela análise teórica podem ser identificadas na instrução dos cadetes. Assim, após análise dos manuais e dinâmicas do voo no 1º EIA com o Sistema Garmin, é cabível deduzir que a segurança de voo aumentou, visto que a consciência situacional dos jovens pilotos é aperfeiçoada pelos novos aparelhos, tornando o processo decisório e o controle da aeronave melhores.

Contudo, uma das limitações encontradas durante o estudo foi a quantidade de dados e relatos da operação com o T-27 M, devido ao seu emprego ser recente (2022 e 2023). Assim foram-se utilizados somente análises descritivas e estudos exploratórios, dado que, até o presente momento de produção dessa pesquisa, não foi relatado nenhuma situação que necessitou do uso das ferramentas de emergência elencadas, para que pudessem ser analisadas o real desempenho do sistema e do treinamento dos cadetes. Sugere-se, ainda, que tal ausência de fato grave pode ter sido resultado do uso adequado dos aparelhos, sinalizando um exemplo de melhora na segurança.

Assim como a falta de dados mostrou-se uma limitação, ela também demonstra uma perspectiva de estudo futuro para retificação ou negação do resultado desse trabalho com base em relatos do uso da aeronave. Para mais, como os estudos sobre segurança de voo abrangem situações

que possam afetá-la futuramente e não somente análise posterior de acontecimentos indesejáveis, tal área é permanentemente importante para aviação e para as atividades da FAB.

Dessa forma, como indicado por estudos nacionais e internacionais sobre o uso de novas tecnologias de aviônicos, colige-se que a introdução do Sistema Garmin e a disposição do uso correto dessa tecnologia na instrução afetaram de modo positivo a seguridade das operações no 1º EIA, aumentando o nível de prevenção de acidentes e incidentes. E servindo de exemplo para que outros aviões da frota da FAB e de instrução aérea civil possam ser modernizados visando aumentar a segurança das atividades aéreas.

REFERÊNCIAS

AIRCRAFT OWNERS AND PILOTS ASSOCIATION. Technologically Advanced Aircraft – Safety and Training. Frederick, Maryland. 2007. Disponível em: <https://download.aopa.org/asf/TAA2007.pdf>. Acesso em 16 set. 2022.

ALMEIDA, I. M. **Abordagem sistêmica de acidentes e sistemas de gestão de saúde e segurança do trabalho**. Interfacehs. 2006. Disponível em: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2013/07/2006-v2-art1-portugues.pdf>. Acesso em: 13 out. 2022

BRAGA, J. C. **Segurança de voo na instrução**. 2020. Monografia (Bacharel em Ciências Aeronáuticas), Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2020. Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/15958/1/JOCIMAR_CAIADO_BRAGA-A-%5b65370-685-5-916232%5dVersao_final_JOCIMAR_CAIADO_BRAGA-seguranca_na_instrucao_de_voo.pdf. Acesso em: 13 out. 2022

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **ANACpédia: “consciência situacional”**. 2023. Disponível em: https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_por/tr850.htm. Acesso em: 5 jun. 2023.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **ANACpédia: “segurança de voo”**. 2023. Disponível em: https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_por/tr3388.htm#:~:text=%C3%89%20a%20Seguran%C3%A7a%20Operacional%20aplicada,de%20Controle%20do%20Espa%C3%A7o%20A%C3%A9reo. Acesso em: 2 mar. 2023.

BRASIL. IAC – Instituto de Aviação Civil. **Divisão de Instrução Profissional Matérias Básicas, tradução do AC 65-9A do FAA (Airframe&PowerplantMechanics-General Handbook)**. Edição Revisada 2002. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/iac>. Acesso em: 12 out. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. Portaria AFA nº 359/AFA. Protocolo COMAER nº 67510.001073/2023-34. Aprova a edição do Programa de Instrução e Manutenção Operacional da AFA. **Boletim Interno Ostensivo nº 12**. Pirassununga, SP. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. **Portaria AFA nº 357/1EIA (MAPRO 2023)**. Pirassununga, SP. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. **Introdução de Displays Eletrônicos Digitais em Aeronaves de Pequeno Porte**. 2018. Disponível em: https://www.pilotopolicial.com.br/wp-content/uploads/2019/11/glass_cockpit_final.pdf. Acesso em: 25 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Comando-Geral do Pessoal. Portaria COMGEP nº 179/3SC (MCA 36-8). **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Brasília, DF. 2012. Disponível em: http://www.cendoc.intraer/sisbca/bca_pdf/2021/bca_158_26-08-2021.pdf. Acesso em: 24 fev. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. Protocolo de investigação de ocorrências aeronáuticas da aviação civil conduzidas pelo estado brasileiro (NSCA 3-13). **Boletim do Comando da Aeronáutica**. Brasília, DF. 2017. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/legislacao/seguranca-de-voe?download=112:nsca3-13>. Acesso em: 25 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Diretoria de Material Aeronáutico e Bélico. **Projeto Básico 003/DIRMAB/2018**. Projeto Básico de Instalação do Sistema Aviônico das Aeronaves T-27 Tucano (EMB-312). 2018. Disponível em: <http://www.comprasnet.gov.br/aceso.asp?url=/edital-120195-03-05-2018>. Acesso em 25 fev. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Página do Centro de Investigação de Acidentes Aeronáuticos. **Missão, Visão e Valores**. 2022. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/missao>. Acesso em: 1 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Página do Centro de Investigação de Acidentes Aeronáuticos. **SERIPA V debate segurança na aviação de instrução**. 2018. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/cenipa/index.php/ultimas-noticias/832-seripa-v-debate-seguranca-na-aviacao-de-instrucao>. Acesso em: 3 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Página do Esquadrão de Demonstração Aérea (EDA). **EMB-312 | T-27 Tucano - EDA**. 2022. Disponível em: <https://www2.fab.mil.br/eda/index.php/2015-04-24-14-30-17?id=148>. Acesso em: 24 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. **Perfil profissional dos oficiais da Aeronáutica - PPOA - Volume I - COAV, QOINT e QOINF**. 2021. Disponível em: <https://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/Busca/Download?codigoArquivo=25793>. Acesso em: 4 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Força Aérea Brasileira. **Aeronave T-27 modernizada chega ao DCTA**. 2022. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/39781/MODERNIZA%C3%A7%C3%A3O%20-%20Aeronave%20T-27%20modernizada%20chega%20ao%20DCTA>. Acesso em: 20 fev. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Força Aérea Brasileira. **Aeronave T-27 Tucano modernizada receberá nova pintura**. 2022. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/37705/AERONAVE%20-%20Aeronave%20T-27%20Tucano%20modernizada%20receber%C3%A1%20nova%20pintura>. Acesso em: 20 fev. 2023.

BRASIL. Ministério da Defesa. Força Aérea Brasileira. **Cerimônia de entrega das aeronaves T-27 M acontece na Academia da Força Aérea**. 2022. Disponível em:

<https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/38353/MODERNIZADOS%20-%20Cerim%C3%B4nia%20de%20entrega%20das%20aeronaves%20T-27M%20acontece%20na%20Academia%20da%20For%C3%A7a%20A%C3%A9rea>. Acesso em: 19 fev. 2023.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Rajadas de vento**. 2021. Disponível em:

<https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/seguranca-operacional/meteorologia-aeronautica/condicoes-meteorologicas-adversas-para-o-voou/rajadas-de-vento#:~:text=Uma%20decolagem%20com%20vento%20de%20pista%20com%20velocidade%20mais%20elevada>. Acesso em: 4 jun. 2023.

BRASIL. Universidade do sul de Santa Catarina. **Segurança da Aviação**. 1. ed. Palhoça, 2016. Disponível em:

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/25319/1/%5B9060%20-%2029732%5Dseguranca-da-aviacao-2016%20%281%29.pdf>. Acesso em: 06 mai. 2023.

CARDOSO, I. S. **Falha na instrução primária e acidentes aéreos**. 2022. Artigo científico (Bacharel em Ciências Aeronáuticas), Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2022. Disponível em:

<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/5300/1/2022%20%20ISMAEL%20ARTIGO%20FINAL.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2023.

CROUCH, T. D. **Asas - uma História da Aviação: das Pipas a Era Espacial**, v 1, p 146, Rio de Janeiro: Record, 2008.

FALZON, Pierre. **Ergonomia**, v. 2, p 156-162, Paris: Presses Universitaires de France, 2006.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Departamento de Transporte dos Estados Unidos. Federal Aviation Administration. **General Aviation Technically Advanced Aircraft FAA – Industry Safety Study**. Washington, DC. 2003. Disponível em:

https://www.faa.gov/training_testing/training/fits/research/media/taa%20final%20report.pdf. Acesso em 16 set. 2022.

ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Governo Federal dos Estados Unidos. *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*. **Glass cockpit Fact Sheet - NASA**. 2000. Disponível em: <https://www.nasa.gov/centers/langley/news/factsheets/Glasscockpit.html>. Acesso em: 15 set. 2022.

FLORES, J. Jr. **Aeronaves Militares Brasileiras - 1916 - 2015**, 1 ed. Rio de Janeiro: Action, 2015.

GARMIN INTERNATIONAL, LNC. **G500(H)/G600/G700 TXi, Pilot's Guide**. 2021. Disponível em: http://static.garmin.com/pumac/190-01717-10_h.pdf. Acesso em: 24 ago. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. p. 41-42, São Paulo: Atlas, 2002. Disponível em:

https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antnio_carlos_gil.pdf. Acesso em: 14 dez. 2022.

GOMES, A. **Fatores que influenciam na segurança de voo**. 2018. Monografia (Bacharel em Ciências Aeronáuticas). Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2018. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8257/1/Monografia-%20Alamo%20Gomes.pdf>. Acesso em: 12 out. 2022.

GROENEWEG, J. **Analysis: The accident causation model**. ILO Encyclopedia of Occupational Health and Safety. 4. ed. ILO Publications, Geneva, 1998. Disponível em: <https://www.iloencyclopaedia.org/part-viii-12633/audits-inspections-and-investigations/item/914-hazard-analysis-the-accident-causation-model>. Acesso em: 14 out. 2022

HALL, A. W. **TUCANO - the Trainer from Brazil**. Publicado em *Scale Aircraft Modelling*, Reino Unido, v. 13, n. 12, p 21-22. 1991.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION. **What is Ergonomics (HFE)?** 2023. Disponível em: <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/#top>. Acesso em 1 jun. 2023

KERTESZ, L. **Prognóstico da instrução de voo no Brasil**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Aeronáuticas), Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2022. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/23700/1/LeandroKertesz.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2023.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD. **Introduction of Glass Cockpit Avionics into Light Aircraft, Safety Study**. Washington, DC. 2010. Disponível em: <https://www.ntsb.gov/safety/safety-studies/Documents/SS1001.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2022.

NATIONAL TRANSPORTATION SAFETY BOARD. **General Aviation Dashboard: 2012-2021**. Disponível em: <https://www.ntsb.gov/safety/data/Pages/GeneralAviationDashboard.aspx>. Acesso em: 29 abr. 2023.

MARTINS, E. T. **Ergonomia na aviação: um estudo crítico da responsabilidade dos pilotos na causalidade dos acidentes**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ergonomia), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/3541/1/arquivo6495_1.pdf. Acesso em: 06 mai. 2023.

PATERSON, A. **Aspects of aircraft design that enhance safety**. Stewarton, Escócia. 2003. Disponível em: http://www.vision.net.au/~apaterson/aviation/aircraft_design.htm. Acesso em: 06 mai. 2023.