

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS  
ESCOLA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA COMPUTAÇÃO  
CURSO DE CIÊNCIAS AERONÁUTICAS

**CFIT: METEOROLOGIA ADVERSA E FATORES HUMANOS**

GOIÂNIA  
2020

ANDRE FARIA SANTOS FERNANDES

**CFIT: METEOROLOGIA ADVERSA E FATORES HUMANOS**

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

Professor Orientador: Esp. Andre Luiz da Silva Fernandes.

GOIÂNIA  
2020

ANDRE FARIA SANTOS FERNANDES

**CFIT: METEOROLOGIA ADVERSA E FATORES HUMANOS**

GOIÂNIA-GO, 24/11/2020.

**BANCA EXAMINADORA**

Esp. Andre Luiz da Silva Fernandes	<u>Andre Luiz F.</u> Assinatura	CAER/PUC-GO	<u>10,0</u> Nota
Esp. Salmen Chaquip Bukzem	_____ Assinatura	CAER/PUC-GO	<u>10,0</u> Nota
Dra. Nagi Hanna Salm Costa	_____ Assinatura	CAER/PUC-GO	<u>10,0</u> Nota

## CFIT: METEOROLOGIA ADVERSA E FATORES HUMANOS

Andre Faria Santos Fernandes<sup>1</sup>  
Andre Luiz da Silva Fernandes<sup>2</sup>

### RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo geral compreender e analisar o acidente de voo controlado em direção ao terreno, conhecido como CFIT, evidenciando quais são os principais fatores contribuintes e os mais recorrentes nesse tipo de evento. Nesse sentido, observa-se que as condições meteorológicas adversas associadas a violações de procedimentos previstos estão presentes em grande parte dos casos de CFIT. Também procura-se explicar os mecanismos envolvidos na orientação espacial até a sua degradação para a desorientação espacial e o grande risco que esta traz para o aeronauta. Dessa maneira, a importância de manter uma saúde física e mental deve ser enfatizada, respeitando-se os limites fisiológicos dos nossos sistemas de orientação, lançando mão dos instrumentos disponíveis para redução dos riscos de acidentes. Nesse sentido, a evolução tecnológica disponibilizou ao piloto uma gama recursos de proteção ao voo, de modo a contribuir com os números de acidentes aeronáuticos, recursos estes que não devem ser negligenciados pelos pilotos. A metodologia utilizada no estudo é de caráter exploratória e explicativa. Os dados que o embasam foram obtidos em fontes oficiais de órgãos de investigação de acidentes aeronáuticos, agências reguladoras da aviação civil, artigos científicos, livros e revistas. A abordagem do trabalho é qualitativa com o intuito de demonstrar como o elemento humano é a parte mais frágil dentro do sistema aeronáutico e que o acidente do tipo CFIT acontece por uma sucessão de erros e violações do piloto. Além disso, serão analisados dois acidentes aeronáuticos da aviação geral, de causas semelhantes, com o fito de reforçar a atenção da comunidade aeronáutica para o risco do CFIT, acerca de qual o cenário em que ele acontece e quais medidas preventivas podem ser adotadas para manter a segurança operacional em um nível aceitável.

**Palavras-chave:** Acidente; CFIT; Segurança Operacional; Fatores Humanos; Meteorologia Adversa.

### ABSTRACT

*This paper has the purpose to understand and analyze controlled flight into terrain accident, also known as CFIT, showing which are the main and predominating contributing factors for this type of accident. In that meaning, adverse weather conditions associated with procedure violation are intimate in most of CFIT cases. Therefore, the research aims to explain the mechanisms related to spatial orientation till its deterioration in spatial disorientation and the hazards to flight crew. Thus, it is important that mental and physical healthy are emphasized, respecting the physiological limits of orientation systems, using all the instruments technologies available to maintain the accidents hazards in a low level. In that sense, the technological evolution allowed pilots to use a good amount of resources for flight*

---

<sup>1</sup> Graduando em Ciências Aeronáuticas. Piloto Comercial. Endereço eletrônico: [andrefsf3@gmail.com](mailto:andrefsf3@gmail.com)

<sup>2</sup> Especialista em Docência Universitária, Curso de Ciências Aeronáuticas na Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

*protection reducing the numbers of aeronautical accidents. The methodology used s exploratory and explanatory ones. Data supporting the article was collected in official sources of aeronautical accidents investigation, civil aviation agencies, scientific articles, books and magazines. Also, the article demonstrates how liveware element is the most vulnerable part of the entire chain and that CFIT type of accident happens due to a sequence of errors and violations by the pilot in command. Additionally, it will be analyzed two aeronautical accidents in general aviation with similar causes in order to strengthen the community to CFIT threats, what is the common scenario and which safety recommendations can be adopted to sustain an acceptable level of operational safety.*

**Keywords:** Accident; CFIT; Safety; Human Factors; Adverse Weather.

## INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica da aviação a transformou num meio de transporte eficiente e seguro, capaz de levar o homem para qualquer lugar do mundo, por mais remoto que seja. As condições meteorológicas adversas, que antes representavam uma barreira na realização dos voos, hoje não mais representam.

Isto porque o desenvolvimento de novos instrumentos embarcados permitiu ao homem ultrapassar os limites impostos pela natureza.

No entanto, apesar de as aeronaves terem evoluído apresentando sistemas complexos de proteção ao voo, o que demanda dos pilotos um processo contínuo de gerenciamento dos inúmeros recursos de cabine, algo acontece na interação entre homem e máquina que permite que as colisões com o terreno em voo controlado continuem acontecendo.

Nesse contexto, sabe-se que o elemento humano é considerado a parte mais flexível e valiosa do sistema aeronáutico, mas também é a mais vulnerável a influências que possam afetar seu desempenho. Em um ambiente complexo, em que o piloto está constantemente monitorando vários parâmetros, comunicando-se com os órgãos de controle e preocupado com a meteorologia do seu voo, a eficiência é afetada por diversos fatores humanos e sua aplicação. Acidentes do tipo *Controlled Flight Into Terrain*<sup>3</sup> (CFIT), por exemplo, tem revelado, ao longo dos anos, a vasta contribuição do elemento humano para os eventos aéreos, seja por erro de julgamento

---

<sup>3</sup> Colisão em voo com terreno, água ou obstáculo sem indicação de perda de controle (IATA, 2018).

nas condições meteorológicas adversas e consequente desorientação espacial, seja por negligência dos procedimentos mínimos de segurança aplicáveis ao voo.

Dessa forma, o presente estudo busca compreender e analisar quais são os fatores responsáveis que levam um piloto a sofrer um acidente do tipo CFIT e como eles podem ser evitados e garantir, assim, um nível de segurança operacional cada vez maior no meio aeronáutico. Também busca compreender a desorientação espacial, evidenciando os mecanismos fisiológicos por trás dela e como esse fenômeno é presente no CFIT. Além disso, empenha-se em analisar como o conhecimento da meteorologia é importante para a realização de um voo seguro, respeitando os padrões e procedimentos já publicados pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) como também pela *Federal Aviation Administration* (FAA).

A metodologia utilizada tem como natureza básica o método científico-dedutivo. O objeto de estudo é de caráter exploratório e explicativo e se concretiza por meio do procedimento técnico de pesquisa bibliográfica, documental e estudo de caso. A abordagem é qualitativa e a clareza da pesquisa visa evidenciar como o elemento humano é a parte mais frágil dentro do sistema aeronáutico, demonstrando que o acidente do tipo CFIT é acometido por uma sucessão de erros e violações do piloto.

Para atingir os objetivos expostos, o texto foi dividido em duas partes, versando a primeira, de modo sucinto, sobre o surgimento dos instrumentos de voo e como eles revolucionaram a maneira de se voar; a meteorologia e suas influências no meio em que o aeronauta atua; e a compreensão dos fatores humanos e a sua relação nos acidentes do tipo CFIT. A segunda parte destina-se ao estudo de caso de dois acidentes classificados pelo CENIPA como CFIT, a fim de compreender e reforçar os conhecimentos do trabalho e, assim, alertar a comunidade aeronáutica sobre a importância da segurança operacional.

## **1 O INÍCIO DO VOO POR INSTRUMENTOS**

O surgimento da aviação se dá no início do século XX. Do aeróstato (balões) ao aeródino (avião), não se sabe com exatidão quem foi responsável pelo marco do primeiro voo controlado de um objeto motorizado e mais pesado do que ar. (SODRÉ, 2006).

O brasileiro Alberto Santos Dumont e os irmãos Wilbur e Orville Wright são protagonistas nessa discussão que permanece até os dias de hoje. Uma data é

mundialmente conhecida, o dia 23 de outubro de 1906, em que, após algumas falhas pela manhã, Santos Dumont conseguiu alçar um voo de aproximadamente 60 metros manejando os controles do avião. O 14-Bis elevou-se a uma altura entre 2 e 3 metros e voou por um curto período até voltar para o chão. A relevância daquele momento foi a de que um avião dotado de meios próprios de propulsão conseguiu voar, atestando para o mundo todo, que uma nova era estava prestes a se iniciar (SODRÉ, 2006).

De lá para cá, desde os primeiros voos com passageiros, a aviação se consolidou como um transporte muito seguro e eficiente ao longo das décadas, apesar de os aviões apresentarem sistemas embarcados e auxílios de navegação básicos. Os voos com deslocamentos maiores, com tempo bom em rota durante todo o trajeto, eram pouco prováveis e isso limitava as operações de maneira considerável. (MILLBROOKE, 1999).

Com o advento da Primeira Guerra Mundial e os conflitos cada vez mais acirrados, os militares perceberam a necessidade da utilização dos aviões no campo de batalha. O projeto de se voar ainda era muito frágil diante da vulnerável tecnologia existente na época, mas rapidamente avançou para aeronaves capazes de sobrevoar os territórios inimigos e, até mesmo, lançar pequenas bombas. Após esse conturbado período, o exército americano, em meados da década de 1920, tinha uma grande preocupação em relação à operação militar, caso uma nova guerra viesse a acontecer. Assim, iniciaram os estudos denominados 'voo cego', em que engenheiros e técnicos ficaram responsáveis por descobrir como essa nova condição de voo seria possível, mudando, assim, a história da aviação (HELFRICK, 2012).

A realização do voo por instrumento exigia a necessidade de três sistemas de instrumentos confiáveis. O primeiro obstáculo a ser vencido foi a construção de um altímetro que permitisse que o piloto evitasse terrenos elevados e pousasse em condições de baixa visibilidade (HELFRICK, 2012).

O segundo instrumento necessário foi um horizonte artificial capaz de mostrar para o piloto, de forma clara, em qual condição o avião se encontrava, nivelado, curvando, cabrando ou picando. Por fim, o terceiro sistema necessário para se realizar um voo cego era um guia de navegação capaz de conduzir o piloto até a pista, sem precisar olhar para fora: a resposta foi a concepção de auxílios baseados em radiofrequência (HELFRICK, 2012).

A construção desse grupo de instrumentos era indispensável para tornar possível voar apenas olhando o painel no interior da aeronave já que as dificuldades

do corpo humano em se orientar “de olhos fechados” é imensa. Nesse sentido, a orientação do corpo humano provém, majoritariamente, da visão, em conjunto com outros sistemas, como o vestibular (MELCHOR; STANLEY, 1992).

A partir do momento que o homem se vê voando em condições de baixa visibilidade, a visão para o ambiente externo se torna ineficaz, pois não é possível orientar-se sem ter referência no horizonte terrestre. Assim, as sensações provocadas no corpo do aeronauta nem sempre condizem com a atitude da aeronave, portanto, não vale confiar apenas nas forças exercidas sobre o corpo pela aeronave (MELCHOR; STANLEY, 1992).

Após o conhecimento do que seria necessário para que o primeiro voo por instrumentos decolasse, os desafios não acabaram, pois era necessário procurar maneiras de construir esses equipamentos antes nunca feitos. A eletrônica da época era limitada e muito pesada, o que acabava sendo custoso para o desempenho da aeronave, já que cada quilo de material embarcado acarretaria maior consumo, necessidade de motores mais potentes, bateria com maior capacidade de carga e uma área de asa capaz de gerar mais sustentação (HELFRICK, 2012).

Outro problema que os engenheiros responsáveis teriam que enfrentar era a amplitude térmica que os materiais teriam que suportar, desde 40 graus, na hora da decolagem, até temperaturas negativas, quando em voo de cruzeiro. Outra preocupação era a vibração causada pelos motores e como eles afetariam os novos componentes eletrônicos (HELFRICK, 2012).

Diante das dificuldades de construção impostas na época, os engenheiros estavam determinados a tornar o voo por instrumentos uma realidade. Por volta de 1917, Elmer Sperry adaptou de um navio um giroscópio que indicava movimento de rolagem. No começo a iniciativa não foi muito aceita pela comunidade dos pilotos, pois eles diziam que era possível voar sem instrumentos, apenas com uma boa atitude mental e habilidades natas. Esta mentalidade se demonstrou equivocada, quando os pilotos foram submetidos a um experimento de desorientação espacial, em que foi comprovada a tendência de entrar em espiral quando a visão é totalmente bloqueada (PREVIC; ERCOLINE, 2004).

Nesse meio tempo, Sperry se juntou com um grupo de pilotos e cientistas para modelar o primeiro conjunto de instrumentos responsável pelo início de uma nova era no mundo aeronáutico. Em Long Island, Nova Iorque, o projeto de construção de um rádio altímetro e horizonte artificial, juntamente com os outros instrumentos já



existentes, permitiram uma série de decolagens e pousos para atestar a viabilidade do 'voo cego' (PREVIC; ERCOLINE, 2004).

Em 1929, no dia 24 de setembro, dois experientes pilotos tenentes do exército americano decolaram de Nova Iorque rumo à uma experiência única: voar sob condições instrumentais. O piloto da frente, Benjamin Kelsey, possuía visão externa sem qualquer barreira no para-brisas; já o piloto que estava no assento traseiro, James Doolittle, tinha sua visão tampada por uma espécie de tela (HELFRICK, 2012).

A ideia do voo era de que ele fosse totalmente conduzido por James a fim de demonstrar a capacidade dos novos instrumentos instalados a bordo. O avião percorreu uma distância de aproximadamente 28 quilômetros sem nenhuma visão externa por parte do piloto. Para a imprensa e representantes do governo, era uma prova concreta de que as aeronaves poderiam voar em todos os tipos de condições meteorológicas, aumentando ainda mais a sua capacidade militar (HELFRICK, 2012).

Diante desse novo cenário, a maneira de voar um avião passava por uma transição até então era feita apenas com uso de cartas e bússola, para o voo dotado de auxílios e equipamentos pertinentes à sua condução por instrumentos. Segundo o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA, 2016), o voo por instrumentos é definido como 'o voo efetuado de acordo com as regras por instrumentos', ou seja, deve possuir mínimos de teto e visibilidade assim como equipamentos adequados embarcados, para que a condução do voo possa ocorrer.

Diferentemente do que ocorre no voo visual, a meteorologia impacta diretamente o voo sob as regras de instrumentos e exige do piloto maior nível de atenção e compreensão de seu equipamento a fim de manter a consciência situacional e correta orientação espacial (DECEA, 2016).

## 1.1 A METEOROLOGIA E SUAS IMPLICAÇÕES NA AVIAÇÃO

A meteorologia aeronáutica é um segmento aplicado à aviação visando segurança e economia, na medida em que possibilita planejar com mais eficiência os voos, evitando custos indesejáveis. Ela é utilizada operacionalmente na proteção de voo por meio das informações disponibilizadas aos pilotos, abrangendo desde o aeroporto de decolagem e informação da rota a ser voada até o pouso (SONNEMAKER, 2012).

A informação meteorológica sustenta uma navegação segura contribuindo com o piloto nas tomadas de decisão baseada nos dados disponíveis. O serviço de meteorologia é composto de uma rede de estações de superfície, radiossondagem, satélites e centros de previsões meteorológicas (ANAC, 2017).

Tudo isso é coordenado internacionalmente para uso generalizado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), com sede em Genebra. No âmbito aeronáutico, específico para a navegação aérea, o órgão mundial responsável é a Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO) (ANAC, 2017).

Desde o início da aviação comercial, os conhecimentos voltados para a meteorologia têm sido vitais para a segurança das operações aéreas, uma vez que contribuem para o conforto dos passageiros e o encurtamento das rotas. Ademais, as condições meteorológicas não afetam apenas os pilotos e a tripulação, mas também todo o complexo serviço de tráfego aéreo responsável por organizar o fluxo das aeronaves de maneira ordenada no espaço aéreo (ANAC, 2017).

No Brasil, a meteorologia aeronáutica é de responsabilidade do Comando da Aeronáutica, sendo desenvolvida pelo Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB) e alicerçada na seguinte estrutura: rede de estações meteorológicas, rede de centros meteorológicos, banco de dados operacional e climatológico e sistema de divulgação de informações meteorológicas (BOLETIM, SBMET 2005).

O centro meteorológico de aeródromo classe 1, ou CMA-1, é um importante braço operacional da meteorologia aeronáutica e tem como finalidade apoiar as operações aéreas por meio da confecção de previsões e da vigilância contínua dos aeródromos sob sua responsabilidade. Atualmente, existem seis CMA-1 em operação no Brasil, localizados em: Manaus, Recife, Brasília, Porto Alegre, Guarulhos e Rio de Janeiro (HENRIQUES; MATSCHINSKE; LEHN, 2005).

Os serviços prestados pelos centros são de grande valor para a segurança aérea, pois além da própria segurança ao voo, o acesso às informações meteorológicas garante uma economia e conforto ao voo. Os CMAs-1 também são responsáveis por dar o suporte necessário aos demais centros meteorológicos classes 2 e 3 (HENRIQUES; MATSCHINSKE; LEHN, 2005).

Dessa maneira, os autores ainda esclarecem que a constante evolução e o aprimoramento das tecnologias envolvidas na previsão e no estudo da meteorologia

aeronáutica asseguram, cada vez mais, que o voo em condições adversas pode ser evitado, minimizando as ameaças externas pertinentes.

A meteorologia adversa, ou seja, o mau tempo, pode ocasionar danos reais à aviação e ser considerado uma das ameaças externas de maior risco para os pilotos. Portanto, o estudo da atmosfera e seus fenômenos é relevante, com vistas a evitar que acidentes e fatalidades venham a acontecer (ANAC, 2017).

Segundo a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), algumas condições adversas que os pilotos podem enfrentar são: cortante de vento, formação de gelo, cinzas vulcânicas, chuvas, turbulência, trovoadas e nevoeiro. Desses fenômenos meteorológicos, os mais comuns na ocorrência de acidente do tipo CFIT são o nevoeiro e a chuva (ANAC, 2017).

O nevoeiro é um fenômeno meteorológico capaz de reduzir a visibilidade para menos de mil metros. Diferentemente das nuvens, ele tem a sua base na superfície e altura não muito elevadas. A sua formação ocorre quando a temperatura e o ponto de orvalho são iguais, ou seja, com uma umidade relativa alta, em torno de 98%, e vento na superfície fraco com temperatura baixa. Isso explica por que os nevoeiros são vistos somente pela manhã; geralmente com o aquecimento da superfície terrestre, o nevoeiro é dissipado, pois as gotículas de água se evaporam com facilidade (SONNEMAKER, 2012)

Existem diversos tipos de nevoeiros quanto à sua formação. O de radiação, um dos mais comuns, ocorre em terrenos planos quando o ar se encontra com a superfície resfriada pela radiação noturna e atinge a mesma temperatura do ponto de orvalho, saturando o ar e produzindo as gotículas. Alguns dos fatores que favorecem esse desenvolvimento são: fina camada de ar úmido sob ar seco, céu claro e ventos calmos (FAA, 2016).

O nevoeiro de advecção é aquele que se forma quando o ar se desloca em trajetória horizontal sobre uma superfície fria e há seu consequente resfriamento para seu ponto de orvalho. É bastante comum ao longo de áreas litorâneas e tem suas características intensificadas quando o vento aumenta em torno de 15 *knots*. Ventos superiores a isso levantam a camada e a transformam em nuvens *stratus* ou *stratocumulus*. Dentro da formação do nevoeiro por advecção, têm-se subtipos: de vapor, marítimo, orográfico ou de encosta, brisa marítima e glacial. Todos necessitam de condições atmosféricas semelhantes para se formar, não demandando maiores discussões neste trabalho (FAA, 2016).

Outro evento atmosférico responsável pela obstrução da visibilidade é a precipitação de partículas de água, seja na forma sólida ou líquida. Para que ela ocorra, é necessária a união de três elementos: vapor de água; sustentação suficiente para levantar esse vapor e condensá-los em nuvens; e um processo de crescimento que permita a queda dessa água por gravidade. A intensidade da precipitação está diretamente relacionada com a espessura da nuvem, portanto, nuvens com processo convectivo mais intenso terão sua precipitação maior em volume e intensidade (FAA, 2016).

Já as nuvens, segundo Ferreira (2006), são resultantes da condensação do vapor de água que se elevou pelas correntes de ar após o processo da evaporação. Elas possuem quatro formas básicas presentes na natureza:

- a) Cirrusforme: nuvens de altas altitudes, acima de vinte mil pés, normalmente compostas de cristais de gelo. Apresentam aspecto delicado, esbranquiçado e têm sua curvatura desenhada na direção que o vento soprar;
- b) Nimbus: o termo vem do latim e significa chuva. Estão geralmente entre sete mil e quinze mil pés e produzem precipitação constante;
- c) Cumuliforme: nuvens que sofrem grande desenvolvimento e, por isso, possuem um formato vertical mais pronunciado. O nível de condensação e formação é visualizado pela base reta e depende da umidade relativa do ar – quanto mais úmido estiver, mais baixa será sua base. A nuvem deste tipo pode atingir o seu topo até sessenta mil pés de altura.
- d) Estratiforme: nuvens que ocupam grande espaço horizontal no céu, não possuem grandes riscos para a aviação. A principal característica desse tipo de nuvem é a precipitação leve e constante por longos períodos. Sobre montanhas, podem atingir a superfície e são denominadas de nevoeiro orográficos.

As formações meteorológicas conhecidas no senso comum como ‘nuvens’ podem ou não representar um risco para a aviação. Assim como o nevoeiro, o risco para a aviação é a redução de visibilidade durante as fases de decolagem, pouso e do voo em rota sobre terreno montanhoso. Por isso, a fim de evitar quaisquer surpresas em uma operação, o piloto deve estar atento ao seu planejamento para saber as possíveis condições que irá enfrentar em seu voo (SONNEMAKER, 2012).

É, portanto, importante para a segurança operacional que o piloto responsável saiba qual a condição meteorológica presente na região que está sobrevoando. Nesse sentido, atualmente existem diversos recursos disponíveis para o planejamento do voo. No Brasil, as informações oficiais são publicadas pela Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET), braço operacional do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), através de uma extensa estrutura de radares, estações de superfície, centros de coordenação e outros recursos instalados em solo (ANAC, 2017).

O indicativo mais básico para determinadas localidades é o METeorological Aerodrome Report<sup>4</sup> (METAR), uma observação meteorológica de superfície e de rotina que segue uma sequência já prevista de siglas e números que o piloto consegue interpretar em segundos. O TAF, outro recurso utilizado, também traz uma previsão dos fenômenos futuros, bem como as mudanças significativas previstas para determinados horários (SONNEMAKER, 2012).

## 1.2 SEGURANÇA OPERACIONAL DE VOO

Na aviação, o planejamento de todas as ações que serão executadas – desde uma inspeção na aeronave até um procedimento de emergência que deve ser seguido, caso necessário – tem como objetivo garantir que a segurança operacional esteja em um nível aceitável. Dentro dos processos que alicerçam este sistema, a identificação de perigo e a sua associação com um risco é fundamental para que o piloto seja capaz de tomar uma decisão mais assertiva diante do cenário que lhe for apresentado (FAA, 2000).

Por sua vez, a segurança operacional é definida como o estado em que os riscos de lesões às pessoas ou danos às propriedades são mitigados e controlados em um nível aceitável, corroborado por um contínuo processo de identificação de perigos e gerenciamento de riscos (DECEA, 2010).

A fim de garantir que os objetivos sejam cumpridos, desenvolveu-se um sistema de gerenciamento da segurança operacional baseado em um conjunto de ferramentas e recursos organizados de maneira a dar suporte às decisões a serem

---

<sup>4</sup> Em português: informe meteorológico regular de aeródromo.

tomadas, de maneira assertiva, visando à segurança do homem e da máquina (DECEA, 2010).

O Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional, ou SGSO, como é conhecido, foi concebido a partir de uma necessidade global de consolidar a aviação como um meio de transporte seguro e eficiente. Atualmente, as estatísticas se mostram cada vez mais otimistas quanto à redução dos números de acidentes e incidentes aeronáuticos. Esse sistema possui cinco processos chaves, quais sejam: reporte de eventos de segurança operacional, identificação de perigos, gerenciamento de riscos, medição de desempenho e garantia da segurança operacional (ICAO, 2017).

Contudo, apesar dos esforços globais acerca da garantia da segurança, incidentes e acidentes na aviação geral ainda acontecem. Segundo dados do CENIPA (2017), entre 2008 e 2017 ocorreram cerca de 636 acidentes somente na aviação particular, sendo que por ano, em média, foram 64. Nesse sentido, nota-se que a aviação particular apresenta números preocupantes.

Assim, é possível afirmar que a confiabilidade da máquina passou por uma transição ao longo das décadas e deixou de ser protagonista nos acidentes, sendo o componente/fator humano o elo mais vulnerável neste ambiente e, portanto, deve ser compreendido e aprofundado com vistas a diminuição dos riscos envolvidos em uma operação aérea (ANAC, 2018).

## **2 FATOR HUMANO**

O ambiente de trabalho na aviação traz consigo uma série de fatores estressores, como ruído, baixa umidade, vibração, tédio, disfunção no ritmo circadiano, alta responsabilidade, entre outros. Esses fatores afetam o desempenho da tripulação, principalmente quando submetida a condições adversas de meteorologia ou alguma pane. Assim, visando mitigar os riscos aeronáuticos propiciados pelo desempenho humano, desenvolveu-se o sistema de gerenciamento do risco da fadiga (FRMS), que leva em conta também a ciência do sono e suas interferências, juntamente com o ritmo circadiano e sua desregulação pelos diferentes períodos de trabalho dos tripulantes diante deste complexo ambiente. (ICAO, 2011).

Woods (1998) leva em consideração três fatores que determinam a complexidade do ambiente laboral: características do sistema, características dos

operadores e características das interfaces. Acerca do sistema aeronáutico, a complexidade está associada ao dinamismo, ao risco, à incerteza, e às exigências e responsabilidades.

Em relação aos operadores, pode-se defini-los como as pessoas envolvidas em uma operação aérea, desde um responsável pelo abastecimento, manutenção, comissaria, despacho técnico, *check in* e controlador de tráfego aéreo, entre outros.

Por fim, as características da interface dizem respeito à máquina propriamente dita e suas facilidades desenvolvidas para a melhor compreensão e interação do piloto. Nesse sentido, ao longo dos anos, as interfaces na cabine têm passado por amplas transições do sistema analógico para o digital, trazendo consigo uma melhor interpretação dos instrumentos e maior nível de consciência situacional.

O CFIT é a segunda categoria mais comum de acidentes fatais, depois da perda de controle em voo (LOC-I). Geralmente, 91% dos acidentes atribuídos ao CFIT são fatais em decorrência da severidade dos danos à máquina e as pessoas. Para Maurino (1992), a principal causa de acidente CFIT está relacionada ao fator humano e, dessa maneira, a análise do elemento homem é um processo chave para a investigação e prevenção dessa ocorrência.

Sabe-se que o fator humano é citado na maioria dos acidentes aeronáuticos como fator contribuinte. Ele, no entanto, deve ser entendido de modo multifacetado, plural, pois compreende a atuação humana interagindo com telas e sistemas diversos; comunicação com os órgãos de controle; análise de cartas e mapas; uso frequente das listas de verificações; e interação com outros membros da tripulação e aspectos inerentes ao comportamento e à saúde física e mental, tudo dentro de um complexo ambiente de trabalho. O objetivo do gerenciamento dos fatores humanos é garantir a eficiência máxima do sistema homem-meio-máquina. Em vista disso, analisar os fatores humanos mais recorrentes nos acidentes do tipo CFIT torna-se imperativo (ICAO, 1998).

## 2.1 FADIGA

A fadiga pode ser definida como um desgaste físico ou mental causado por uma ação continuada em um determinado período. O termo fadiga ainda é amplamente discutido e não tem uma única definição, pois varia de acordo com a área que está sendo abordada. Para Mota, Cruz e Pimenta (2005), esse conceito está

imaturu pela falta de consenso entre os profissionais, uma vez que cada um tende a definir segundo a sua perspectiva. Na aviação, o risco que a fadiga traz consigo o cansaço mental em decorrência de várias horas de atenção focada e difusa e, com isso, induz a errôneas tomadas de decisão.

## 2.2 O ESTRESSE

O estresse, segundo Selye (1936), é uma reação fisiológica diante de qualquer exigência que for apresentada. O pesquisador realizou estudos em laboratório para descobrir as mudanças de comportamento que os animais apresentam quando submetidos a uma variedade de agentes estressores. Durante os ensaios, descobriu-se que as respostas de ataque ou fuga eram apenas uma reação primária do organismo diante de outras reações de estresse constante sob um período prolongado.

Segundo o mesmo autor, essa sequência de reações fisiológicas foi denominada de Síndrome de Adaptação Geral (SAG) e consiste em três fases:

- a) Fase de alerta: é uma das primeiras respostas do organismo diante de uma situação estressora. A função desse alerta é de impulsionar todos os recursos do organismo, liberando uma gama de hormônios na corrente sanguínea. Nesse sentido, trata-se de uma resposta natural que possibilita a adaptação em situações de crise e mudança;
- b) Fase de resistência: essa fase corresponde ao estresse crônico; é nela que o organismo tenta adaptar-se ao agente estressor. Entretanto, a capacidade de resistir a situações dessa natureza é comprometida. Exemplo disso é o corpo tornar-se vulnerável a problemas de saúde por diminuição do sistema imunológico;
- c) Fase de exaustão: a terceira e última fase descrita por Selye diz respeito a um retorno do organismo à fase de alarme, quando as reações hormonais se disseminam novamente. Entretanto, a exaustão é caracterizada pelo enfraquecimento mais acentuado do sistema imunitário, bem como das reservas energéticas, até um ponto em que a capacidade de resistência se torna muito baixa.

Diante da atividade de voo, o estresse é relacionado com a contínua necessidade de atenção e concentração por parte da tripulação, o que,



fisiologicamente, demanda muita energia. Nesse sentido, os efeitos oriundos do estresse sobre as capacidades cognitivas e físicas dos tripulantes são de grande interesse para a manutenção da segurança operacional e, por isso, as empresas de aviação devem se preocupar em possuir programas que assegurem uma qualidade de vida de seus operadores (ICAO, 2011).

O estresse pode ter origem em fontes internas e externas. As fontes internas estão relacionadas ao próprio indivíduo, vale dizer, à sua personalidade e ao seu modo de encarar a vida. Já as fontes externas estão relacionadas ao trabalho, cenários social e econômico do país, convívio social, problemas familiares, entre outros. Assim, é importante para a contenção do estresse que o indivíduo saiba diferenciar qual a raiz do problema, e não querer resolver sintomas (LIPP, 1996).

### 2.3 CONSCIÊNCIA SITUACIONAL

A consciência situacional, por sua vez, é definida como a percepção dos elementos no ambiente dentro de um período de espaço e tempo, bem como a compreensão e a projeção desses elementos no futuro. Na aviação, ela é fundamental para o piloto saber o que está acontecendo no presente momento do seu voo, projetar ações futuras e antecipar-se a elas com a finalidade de sempre estar um passo à frente da aeronave. Endsley (1995) abrange a consciência situacional em três níveis distintos:

- a) Percepção dos elementos no ambiente: diz respeito ao momento presente, à sua dinâmica. O piloto precisa perceber os elementos importantes de um voo, como a presença de outras aeronaves na região, a elevação do terreno, os sistemas da aeronave e as mensagens de avisos;
- b) Compreensão da situação atual: vai além do entendimento dos elementos presentes e requer uma experiência diante de diferentes situações enfrentadas. Por exemplo, durante uma decolagem, o piloto percebe que no painel de avisos há um alerta indicando alguma falha de sistema; dessa maneira, ele deve rapidamente determinar a gravidade desse problema e o quanto ele afeta a aeronavegabilidade;
- c) Projeção das ações futuras: último e mais importante nível da consciência situacional, diz respeito a uma habilidade que todo o piloto deve buscar desenvolver ao longo da sua carreira, pois é com a antecipação das ações e

ocorrências futuras que se ganha tempo para decidir acerca de qual será a decisão mais favorável no momento presente.

Segundo Endsley (1995), a complacência atrelada à falta de vigilância pode resultar na perda de consciência situacional, o que leva à desorientação espacial com consequências fatais. Essa complacência pode ser atribuída à confiança demasiada do tripulante, não respeitando os padrões e procedimentos previstos, que garantem um voo por instrumento seguro. Desse modo, ao violar as boas práticas de segurança durante as fases críticas da operação, o piloto abre margem para que as condições latentes presentes no ambiente resultem em fatores contribuintes para o incidente ou acidente. (ENDSLEY, 1995).

A desorientação espacial na esfera aeronáutica refere-se à perda de consciência da posição e do movimento da aeronave em relação à linha horizontal da terra. Ela pode tomar várias formas dependendo da condição do voo e da reação do piloto. A do tipo 1 é a 'não reconhecida'; a do tipo 2 é reconhecida e uma terceira categoria é denominada 'incapacitante' (PREVIC; ERCOLINE, 2004).

Na desorientação do tipo 1, o piloto não sente que está desorientado e não consegue afirmar se algum instrumento de voo está com problemas e, assim, entende que a aeronave responde de forma satisfatória aos comandos de acordo com a sua falsa sensação de orientação. Para o autor, pode-se assumir que os incidentes e acidentes relativos ao tipo 1 são causados porque o piloto não estava concentrado nos parâmetros primários de voo, distraído com alguma informação não relevante ou com algum ponto fora da cabine (PREVIC; ERCOLINE, 2004).

Na tipo 2 o piloto percebe a desorientação espacial por meio da divergência entre a percepção corporal e o que os instrumentos embarcados mostram. Normalmente, a reação dos pilotos frente à desorientação do tipo 2 é de desconfiança das informações dadas pelos instrumentos e uma crença nas sensações do corpo bem como alguma referência de solo. Dessa maneira, alguns pesquisadores argumentam que desorientação espacial tipo 2 acarreta um terceiro tipo, a incapacitante. Nesta o piloto se percebe em um estado de estresse mental tão elevado que não consegue interpretar com clareza os instrumentos e o que está acontecendo no momento. Ela também ocorre por conta do medo, fazendo com que as decisões racionais não sejam tomadas e, assim, o piloto fica incapacitado frente aos comandos da aeronave (PREVIC; ERCOLINE, 2004).

Assegurar a orientação espacial durante o voo, quando as condições visuais para o ambiente externo são perdidas, requer a atenção para os instrumentos de voo, bem como a utilização da automação e tecnologia embarcada. Nesse sentido, a aceleração angular e linear causada pelo avião confunde o sistema vestibular e proprioceptivo do piloto, o que resulta em ilusões de movimento. As ilusões sensoriais causadas pelo sistema vestibular podem ser fatais, pois levam o corpo acreditar em uma condição discordante dos instrumentos, gerando dúvidas na tomada de decisão (STANLEY; MELCHOR, 1992).

Exemplo disso é a ilusão de movimento angular. Ela é uma incapacidade do sistema vestibular de reconhecer uma força de velocidade angular continuada. Durante a uma curva coordenada, o corpo humano consegue perceber apenas por alguns segundos. Após 15-30 segundos de aceleração angular constante, o corpo humano se acostuma com a nova condição e o piloto tem a sensação de que a curva foi interrompida (STANLEY; MELCHOR, 1992).

O entendimento das limitações humanas em voo é de importância ímpar para gerenciar a desorientação espacial. As ilusões visuais e vestibulares são respostas fisiológicas normais frente a um ambiente em que o corpo não é feito para operar.

Para ilustrar tal cenário e enriquecer os conhecimentos sobre a temática, apresenta-se a análise de dois estudos de caso em que as habilidades de cheque cruzado dos instrumentos não foram adotadas e se priorizou o voo visual em situações nas quais as condições meteorológicas não o favoreciam.

### **3 ESTUDO DE CASO**

Com o propósito de demonstrar a correlação entre meteorologia adversa e fator humano, esta pesquisa analisará dois acidentes ocorridos na aviação geral que, segundo o CENIPA (2013; 2014), foram classificados como 'Colisão em voo com obstáculo'. O objetivo desta análise, no âmbito da filosofia SIPAER, é alertar sobre a necessidade do estudo de medidas preventivas, não cabendo julgamento das variáveis que condicionaram o desempenho humano.

Dessa maneira, o uso dos relatórios usados nesse artigo tem a intenção única de aprendizagem com propósito de prevenção de futuros acidentes. Os seguintes eventos estão descritos, conforme dados do CENIPA.

### 3.1 ACIDENTE: PR – OID CESSNA 310R – BIMOTOR LEVE

#### 3.1.1 Histórico da ocorrência

A aeronave decolou do Aeródromo de Leopoldina (MG) com destino ao Aeródromo da Pampulha (MG), às 07h19min, com duas pessoas a bordo, sob condições de regras de voo visuais (VFR). Ao iniciar a descida e ingressar nos corredores visuais, o piloto informou ao controle de aproximação que havia iniciado um desvio à esquerda, em razão das condições meteorológicas desfavoráveis no setor. Após continuar na descida, a aeronave colidiu contra a Serra do Curral, localizada nas proximidades da cidade de Belo Horizonte, resultando em duas fatalidades e perda total do equipamento.

As habilitações do piloto, as condições de voo da aeronave, de acordo com os regulamentos vigentes na época, bem como os equipamentos de apoio de solo e de auxílio à navegação aérea, operavam sem problemas.

Admite-se que os pilotos identificaram que as condições meteorológicas não eram favoráveis, todavia, insistiram em manter-se no voo visual e em nenhum momento houve a comunicação do piloto ao APP-BH para modificação das regras de voo. Dessa forma, os pilotos provavelmente realizaram um misto entre o voo visual e por instrumentos.

As conclusões do órgão de investigação mostram que as condições meteorológicas presentes no dia do acidente contribuíram, pois a visibilidade era restrita em alguns trechos da rota, o que não permitiu o desvio dos obstáculos. A indisciplina de voo, também citada, contribuiu de modo que o piloto descumpriu as regras de tráfego aéreo e não modificou o voo para as regras instrumentos, mesmo voando em região montanhosa com a visibilidade restrita.

Por fim, o julgamento de pilotagem e o seu grau de contribuição ficou indeterminado pelo CENIPA, mas deve-se atentar à falta de orientação espacial dos pilotos em identificar que a região era de relevo montanhoso, bem como observar nas cartas de navegação a altitude mínima de segurança do setor e, assim, realizar uma tomada de decisão coerente com as condições latentes no dia.

## 3.2 ACIDENTE: PR- DOC BEEHCRAFT KING AIR B200GT – BIMOTOR LEVE

### 3.2.1 Histórico da ocorrência

A aeronave decolou de Aeródromo de Belo Horizonte-MG com destino ao Aeródromo de Juiz de Fora-MG, com dois pilotos e seis passageiros. Em contato com a Rádio Juiz de Fora, a tripulação teve conhecimento de que as condições meteorológicas haviam se degradado abaixo dos mínimos, em razão da névoa úmida. Cientes das condições presentes, os pilotos optaram pela tentativa de realizar o procedimento de não precisão RNAV. Durante a aproximação final, a aeronave colidiu contra obstáculos e, posteriormente, contra o solo, explodindo no impacto.

Os pilotos estavam qualificados e possuíam experiência suficiente para realizar o tipo de voo. A aeronave estava operando dentro dos limites operacionais com todos os documentos válidos no dia do evento. Também foi emitido pelo Grupo Especial de Inspeção em Voo (GEIV) que o procedimento de pouso por instrumentos utilizado pela tripulação estava em conformidade com os requisitos e padrões previstos.

O primeiro contato com a Rádio Juiz de Fora foi realizado trinta minutos após a decolagem, momento em que o operador da rádio informou à tripulação que as condições meteorológicas haviam se degradado e que a operação estava abaixo dos mínimos, com teto de 100ft. Ciente das condições, a tripulação informou que iria realizar o procedimento RNAV RWY 03. O operador da rádio orientou a tripulação acerca do ajuste de altímetro e pediu para reportar nos fixos da carta, como previsto; também solicitou aos pilotos que reportassem na altitude mínima de decisão (MDA), se estava avistando a pista para pouso ou se estava arremetendo.

Após a passagem do fixo previsto na carta, a Rádio-JF não obteve uma resposta dos pilotos acerca da MDA e quais eram as intenções, caso não avistassem a pista. Pouco tempo depois, o operador recebeu uma ligação telefônica dizendo que uma aeronave tinha se acidentado próximo à cabeceira da pista 03, levando a fatalidade de todos a bordo e destruição total da aeronave por conta do impacto e fogo gerado.

Constatou-se através dos dados do gravador de voz que a aeronave continuou a descida abaixo da MDA até a colisão contra o primeiro obstáculo e a perda da comunicação. Observa-se também uma deficiente gestão dos recursos de cabine, já que o copiloto comunicou ao comandante que a aeronave estava cruzando altitudes

inferiores à MDA, e nenhuma atitude foi tomada quanto à violação das regras de voo por instrumento.

As conclusões a que chegou o órgão de investigação mostram que as condições meteorológicas presentes no dia do acidente contribuíram para o acidente na medida em que o teto de 100ft impossibilitaria a operação, cabendo apenas o recurso de arremetida e prosseguir para a alternativa. Acredita-se que o comandante, por ter vasta experiência, agiu com uma atitude complacente, tanto em relação à operação da aeronave quanto à necessidade de atendimento das demandas de seus empregadores.

No que diz respeito à dinâmica de equipe, o CENIPA julgou indeterminado o grau de contribuição da falta de atitudes assertivas por parte dos dois pilotos, o que ocasionou uma percepção falha de todos os elementos importantes em uma aproximação. Sendo assim, a falta de consciência situacional comprometeu de forma demasiada a tomada de decisão dos pilotos já que, mesmo com a aeronave em perfeito funcionamento, equipada com o sistema GPWS, os pilotos não cumpriram com os protocolos de segurança previstos nos procedimentos.

### 3.3 MITIGAÇÃO E RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

Todo CFIT é resultado de uma sucessão de eventos que somados culminam no acidente. A lição tirada de cada ocorrência deve ser usada pela comunidade aeronáutica a fim de se evitar sua reincidência.

É importante na prevenção do CFIT que a tripulação envolvida no voo esteja com as habilitações conforme os regulamentos exigem, respeitando as limitações da máquina e das capacidades humanas de operar num contexto de excessivo estresse.

O bom planejamento de uma navegação, por mais curta que ela seja, pode ser a diferença entre voar de modo seguro ou inseguro. A compreensão de um voo por instrumentos e suas responsabilidades, associados à manutenção de proficiência em simuladores, garantem atenção e consciência situacional elevadas.

Deve-se atentar para o constante monitoramento pessoal para não incorrer na complacência e ou tornar menos alerta devido à confiança demasiada, o que levaria a ultrapassagem de limites operacionais. A disciplina e a obediência aos procedimentos previstos devem prevalecer em uma cabine, tornando o voo mais seguro.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo demonstrar que os acidentes do tipo CFIT são resultados de uma série de fatores contribuintes. Entretanto, observou-se que a meteorologia adversa associada aos fatores humanos pertinentes à orientação espacial e percepção dos elementos externos são protagonistas nesse tipo de evento. Além disso, estudar e analisar os fatores que levam a um acidente são de enorme valia para a comunidade aeronáutica na medida em que são geradas recomendações e reflexões de como evitar o mesmo acontecimento.

Também ficou evidenciado, por meio do estudo de caso, bem como dos números apontados pelo CENIPA que os acidentes do tipo CFIT são mais recorrentes em aeronaves de pequeno porte com menos recursos de instrumentos de navegação, o que provoca um aumento na carga de trabalho do piloto em fases críticas do voo.

Todavia, a indisciplina de voo independe do tipo de equipamento e experiência acumulada do piloto em comando. Nesse alcance, todos os aviadores estão sujeitos a enfrentar situações de riscos acentuados do acidente do tipo CFIT, cujo desfecho exitoso passa pela tomada de decisão assertiva que, de sua feita, ocorre dentro de uma boa doutrina de segurança de voo, com respeito integral às regras.

Entende-se que ao consultar os casos concretos de CFIT e analisar as recomendações dos relatórios expedidos pelo CENIPA, busca-se dar importância à padronização dos procedimentos para que a eficiência e a segurança da operação do voo por instrumentos sejam garantidas pela adesão a um bom planejamento e conhecimento das condições da rota a ser voada.

Além disso, a cultura de segurança operacional é o modo de se evitar o acidente do tipo CFIT. Pilotos em comando devem ser capazes de reconhecer as limitações fisiológicas para voar em condições meteorológicas adversas e estar atentos a fatores estressores e de fadiga que degradam o desempenho.

Cabe assinalar, por derradeiro, que a evolução tecnológica, por mais que tenha aumentado a confiabilidade da máquina, não resolve as questões relacionadas à vulnerabilidade da pessoa em comando de uma aeronave, na qual se deve investir e aprimorar na educação formativa-cultural para que, inclusive, possa melhor interagir com as tecnologias postas e em constante evolução.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DA AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Relatório Anual de Segurança Operacional (RASO)**. 2018. Disponível em: <[https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/gerenciamento-da-seguranca-operacional/arquivos/RASO\\_2018\\_v4.pdf](https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/gerenciamento-da-seguranca-operacional/arquivos/RASO_2018_v4.pdf)> Acesso em: 15 ago. 2020.

\_\_\_\_\_. (ANAC). **Meteorologia e Planejamento**. 2017. Disponível em: <<https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/profissionais-da-aviacao-civil/meteorologia-aeronautica/meteorologia-e-o-planejamento-de-voos>>. Acesso em: 15 ago. 2020.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO BRASILEIRO (DECEA). **Gerenciamento do Risco à Segurança Operacional no SISCEAB**. 2010. Disponível em: <<https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=3491>>. Acesso em: 2 set. 2020.

\_\_\_\_\_. (DECEA). **Regras do Ar – ICA 100-12**. 2016. Disponível em: <<https://publicacoes.decea.gov.br/?i=publicacao&id=4429>>. Acesso em: 18 ago. 2020.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). **Aviation Weather**. 2016. Disponível em: <[https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory\\_Circular/AC\\_00-6B.pdf](https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_00-6B.pdf)>. Acesso em: 24 jul. 2020.

\_\_\_\_\_. **System Safety Handbook**. 2000. Disponível em: <[https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aviation/risk\\_management/ss\\_handbook/media/chap1\\_1200.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/risk_management/ss_handbook/media/chap1_1200.pdf)>. Acesso em: 28 jul. 2020.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ADMINISTRATION (ICAO). **Human Factors Training Manual**. 1. Ed. 1998. Disponível em: <<https://www.globalairtraining.com/resources/DOC-9683.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2020.

\_\_\_\_\_. **Fatigue Risk Management System**. 1. Ed. 2011. Disponível em: <<https://www.icao.int/safety/fatiguemanagement/FRMS%20Tools/FRMS%20Implementation%20Guide%20for%20Operators%20July%202011.pdf>>. Acesso em: 16 mar 2020.

\_\_\_\_\_. **Safety Management Manual**. 4. Ed. 2018. Disponível em: <<https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/5863.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2020.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **Controlled Flight Into Terrain (CFIT) Accident Analysis**. 2018. Disponível em: <<https://www.iata.org/contentassets/06377898f60c46028a4dd38f13f979ad/cfit-report.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2020.

ENDSLEY, M. R. **Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. Human Factors**. 1995. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/210198492\\_Endsley\\_MR\\_Toward\\_a\\_The](https://www.researchgate.net/publication/210198492_Endsley_MR_Toward_a_The)>



ory\_of\_Situation\_Awareness\_in\_Dynamic\_Systems\_Human\_Factors\_Journal\_371\_32-64>. Acesso em: 19 abr. 2020.

FERREIRA, A. G. **Meteorologia prática**. 2006. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=E4V0BAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP12&dq=Ferreira,+A.+G.+2006.+Meteorologia+pr%C3%A1tica&ots=u4rCjVGKAZ&sig=0IO-M7as6g0zMOACXfgSE0wxdSo#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 27 set 2020.

HELFRICK, A. **Principles of avionics**. 7. Ed. 2012, p 1-25. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=0Bl6ioB8kM8C&oi=fnd&pg=PR3&dq=helfrick+principles+of+avionics&ots=sfBN-v\\_sPe&sig=rVm7VRwp3F1kc0WKsW8ANXo4MIg#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=0Bl6ioB8kM8C&oi=fnd&pg=PR3&dq=helfrick+principles+of+avionics&ots=sfBN-v_sPe&sig=rVm7VRwp3F1kc0WKsW8ANXo4MIg#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 26 mar 2020.

HENRIQUES, C. R.; MATSCHINSKE, M. R.; LEHN, M. N. Meteorologia Aeronáutica do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro. *In: A Meteorologia e a Aeronáutica. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*, vol. 29, nº 3, nov. 2005, p. 13-18. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/292146520\\_O\\_PROJETO\\_SIVAM\\_O\\_SIPAM\\_E\\_A\\_SUA\\_CONTRIBUICAO\\_PARA\\_A\\_SEGURANCA\\_DA\\_NAVEGACAO\\_AEREA\\_NA\\_AMAZONIA\\_LEGAL](https://www.researchgate.net/publication/292146520_O_PROJETO_SIVAM_O_SIPAM_E_A_SUA_CONTRIBUICAO_PARA_A_SEGURANCA_DA_NAVEGACAO_AEREA_NA_AMAZONIA_LEGAL)> Acesso em: 16 nov. 2020.

LEHN, M. N. CMA-1: importante braço operacional da Meteorologia Aeronáutica. *In: a Meteorologia e a Aeronáutica. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia*, vol. 29, nº 3, nov. 2005, p. 19-20. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/292146520\\_O\\_PROJETO\\_SIVAM\\_O\\_SIPAM\\_E\\_A\\_SUA\\_CONTRIBUICAO\\_PARA\\_A\\_SEGURANCA\\_DA\\_NAVEGACAO\\_AEREA\\_NA\\_AMAZONIA\\_LEGAL](https://www.researchgate.net/publication/292146520_O_PROJETO_SIVAM_O_SIPAM_E_A_SUA_CONTRIBUICAO_PARA_A_SEGURANCA_DA_NAVEGACAO_AEREA_NA_AMAZONIA_LEGAL)> Acesso em: 16 nov. 2020.

LIPP, M. E. N.; ROCHA, J. C. Stress, qualidade de vida e hipertensão arterial. Campinas: Papyrus. 1996. Disponível em: <<http://www.estresse.com.br/publicacoes/stress-hipertensao-arterial-e-qualidade-de-vida/>>. Acesso em: 8 ago. 2020.

MOTA, D. D. C. F.; CRUZ, D., A. L. M.; PIMENTA, C. A. M. **Fadiga: uma análise do conceito**. 2005. Disponível em: <[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-21002005000300009&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-21002005000300009&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 7 out. 2020.

MAURINO, D. **Human factors and Training Issues in CFIT accidents and incidents**. 1992. Disponível em: <[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022437518308405?casa\\_token=5FKWLdHybogAAAAA:MFVfd-6FHN5UdOkLr\\_Lx4-M0AiJBuWAWgaJZJtydahuGg8VGfGRff1LuSyRZO6cOWZ1neQZjPQ#bb0090](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022437518308405?casa_token=5FKWLdHybogAAAAA:MFVfd-6FHN5UdOkLr_Lx4-M0AiJBuWAWgaJZJtydahuGg8VGfGRff1LuSyRZO6cOWZ1neQZjPQ#bb0090)>. Acesso em: 2 jul. 2020.

MILLBROOKE, A. **Aviation History**. Jeppesen; 2006 Ed. 1999.

MELCHOR, J; STANLEY, R. Inflight Spatial Disorientation. **Human Factors & Aviation Medicine**, v. 39, n. 1, 1992. Disponível em: <[https://flightsafety.org/hf/hf\\_jan-feb92.pdf](https://flightsafety.org/hf/hf_jan-feb92.pdf)>. Acesso em: 22 out. 2020.

PREVIC, F. H e ERCOLINE, W. R, **Spatial Desorientation in Aviation**. Vol. 203. 2004, p 5-32. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=oYP7m9m2RocC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=oYP7m9m2RocC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 17 jun. 2020.

SELYE, H, **The syndrome produced by diverse noxious agents**.1936 Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/138032a0>>. Acesso em: 11 jul. 2020.

SODRÉ, A, **Santos Dummont**: um herói brasileiro. 1. Ed. 2006.

SONNEMAKER, J. B.. **Meteorologia**. 31. Ed. Asa, 2012. 248 p.

WOODS, D. D. Designs are hypotheses about how artifacts shape cognition and collaboration. **Ergonomics**, n. 41, 1998. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/David\\_Woods11/publication/233304084\\_Commentary\\_Designs\\_are\\_hypotheses\\_about\\_how\\_artifacts\\_shape\\_cognition\\_and\\_collaboration/links/02e7e5253efa966b39000000/Commentary-Designs-are-hypotheses-about-how-artifacts-shape-cognition-and-collaboration.pdf](https://www.researchgate.net/profile/David_Woods11/publication/233304084_Commentary_Designs_are_hypotheses_about_how_artifacts_shape_cognition_and_collaboration/links/02e7e5253efa966b39000000/Commentary-Designs-are-hypotheses-about-how-artifacts-shape-cognition-and-collaboration.pdf)>. Acesso em: 17 set 2020.