

**A INFLUÊNCIA DA AUTOMAÇÃO NA SEGURANÇA OPERACIONAL DA
AVIAÇÃO COMERCIAL**Lucas Brandt do Bonfim¹Marcelo Ceriotti²**RESUMO**

Este trabalho tem por objetivo estudar qual a influência que a automação possui nas operações de cabine buscando a maneira que ela possa vir a interferir quando desempenhado pelo homem. A partir de pesquisas bibliográficas em livros, artigos, relatórios finais de acidentes aéreos, regulamentos e leis, este trabalho faz uma abordagem qualitativa do tema central da pesquisa. Sabe-se que as limitações do desempenho humano em ambientes de alta complexidade e automação, podem permitir situações indesejadas de redução das margens de segurança operacional. O estudo demonstra que, em alguns casos, pilotos tendem a confiar em excesso na atuação dos sistemas de automação do voo, evitando muitas vezes a intervenção manual nos controles da aeronave, em situações que seriam necessárias. A pesquisa demonstra a diferença conceitual de automação e operação dos dois maiores fabricantes de aeronaves mundiais. A conclusão são sugestões de melhores práticas para se operar sistemas automatizados sem que a complacência e o excesso de confiança nos sistemas possam comprometer a segurança operacional.

Palavras-chave: Automação. Complacência. Segurança operacional.

¹ Acadêmico do CST em Transporte Aéreo. AEROTD. E-mail: brandt.bdt@yahoo.com

² Piloto de Linha Aérea. Comandante de Boeing 737NG/MAX. Mestre em Engenharia pelo Instituto Tecnológico da Aeronáutica - ITA (2019). Especialista em Gestão de Pessoas pela Unisul (2014). Bacharel em Aviação Civil pela Universidade Anhembí Morumbi (2009). Graduando em Direito pela Unisul. Foi presidente do Sindicato Nacional dos Aeronautas (SNA) entre 2013 e 2015, onde atualmente ocupa o cargo de Diretor de Relações Internacionais. Vice-presidente Regional para a América do Sul, da Federação Mundial das Associações de Pilotos de Linha Aérea (IFALPA). Foi Conselheiro Consultivo da Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC, entre 2013 e 2015. É membro consultivo da Comissão de Direito Aeronáutico da OAB de Santa Catarina. Professor e Representante do Corpo Docente na Comissão Própria de Avaliação (CPA) da Faculdade de Tecnologia AEROTD. E-mail: marcelo.ceriotti@yahoo.com.br

THE INFLUENCE OF AUTOMATION ON COMMERCIAL AVIATION OPERATIONAL SAFETY

ABSTRACT

This paper aims to study the influence that automation has on cabin operations, seeking the way it can interfere when performed by man. Based on bibliographic research in books, articles, final reports of air accidents, regulations and laws, this work makes a qualitative approach to the central theme of the research. It is known that the limitations of human performance in highly complex and automated environments can allow undesired situations of reduced margins of operational safety. The study demonstrates that, in some cases, pilots tend to over-reliance on the performance of flight automation systems, often avoiding manual intervention in the aircraft controls, in situations that would be necessary. The research demonstrates the conceptual difference in automation and operation of the two largest aircraft manufacturers in the world. The conclusion is suggestions for best practices to operate automated systems without complacency and over-reliance on the systems compromising operational safety.

Keywords: Automation. Complacency. Operational safety.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho faz parte da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do curso de Tecnologia em Transporte Aéreo da Faculdade AeroTD, e tem como objetivo identificar qual o impacto causado pelo uso da automação nos procedimentos de cabine e a sua influência no desempenho humano, por meio da análise de relatórios finais de acidentes aéreos que tiveram como fator contribuinte a má utilização dos sistemas automatizados.

Tecnologia pode ser definida como aquilo que envolve o desenvolvimento dos mecanismos que distribuem as informações em uma velocidade cada vez mais rápida, abrangendo o crescente número de pessoas que realizam continuamente ações mais complexas. Em resumo, tecnologia é aquilo que está em evolução contínua, adaptando-se com a realidade do ser humano para deixá-la mais cômoda (VITORIA, 2020).

Atualmente, relatórios de acidentes apontam a complacência e excesso de confiança dos pilotos na automação, fatores contribuintes de acidentes. A questão a ser debatida é qual o limite de utilização e dependência dos sistemas automatizados. Esse limite, mesmo difícil de ser definido, pode gerar problemas quando ultrapassado. Ao se analisar alguns acidentes e incidentes aeronáuticos, verifica-se que aproximadamente 68% deles tiveram como fator contribuinte a má gestão dos sistemas e a dependência excessiva dos pilotos na automação (BONE, 2020).

Nesse sentido, o estudo discorre sobre essa afirmação, buscando identificar esse excesso de confiança por parte dos pilotos na automação. Buscando contribuir de maneira melhor para o entendimento dos impactos que a automação tem na operação das aeronaves comerciais e sua influência, de modo que venha a aumentar a segurança operacional.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Nos últimos 30 anos, o *cockpit* das aeronaves vem passando por grandes mudanças, a exemplo da crescente utilização de novas tecnologias responsáveis pela gestão e controle de voo (NTSB, 2010). Nas décadas de 1970 e 1980, os pilotos usavam equipamentos de navegação analógicos, como o *Very High Frequency Omnidirectional Range* (VOR), *Distance Measuring Equipment* (DME) e o *Automatic Direction Finder* (ADF) para localizar-se e navegar em voo. Para a utilização destes equipamentos, o piloto necessitava manter um monitoramento constante, efetuando ajustes e correções. No entanto, com o desenvolvimento de recursos computacionais e eletrônicos, atualmente disponíveis no cockpit, que foram projetados para aumentar os níveis de segurança e eficiência, o voo passou a ser mais um ato alternativo de administração de sistemas do que um processo manual (AOPA, 2007).

Dessa forma, pode-se perceber que, para a condução de operações aéreas, o uso de habilidades motoras diminuiu significativamente, enquanto o uso de habilidades cognitivas aumentou (HOLLNAGEL; WOODS, 2005). Em geral, há

um grande número de instrumentos digitais, ferramentas computacionais para gerenciar e interagir com vários sistemas em um avião, e com diversas variáveis do tráfego aéreo, elas passaram a ser conhecidas como *Technologically Advanced Aircraft* (TAA) (FAA, 2003). Toda essa modernização do *cockpit*, antes utilizando instrumentos analógicos espalhados pelo painel da aeronave, passaram a ser reduzidos a uma simples tela digital, facilitando a interação do piloto com os diversos sistemas de voo, ao mesmo tempo reduzindo a carga de trabalho manual. Essas cabines passaram a ser conhecidas no meio aeronáutico como *glasscockpit*¹, por conta desses novos e modernos equipamentos embarcados.

Uma das maiores fabricantes aeronáuticas do mundo, a *Airbus*, tem como filosofia operacional em relação ao uso da automação, a interferência dos sistemas no voo, caso se faça necessário. Os sistemas buscam evitar erros dos pilotos e a ultrapassagem de limites pré-estabelecidos de proteção de voo. Essa proteção de voo é chamada de envelope de proteção de voo, a qual faz parte da arquitetura do sistema *Fly-by-wire*, que não permite que o piloto exceda certos limites da aeronave (BILLINGS, 1997, p. 80). Por outro lado, sua concorrente americana, a *Boeing*, busca fazer com que a automação trabalhe em conjunto com o piloto, não o limitando, mas o auxiliando em suas tomadas de decisões, porém, sem o substituir.

Diferente da *Airbus*, a filosofia empregada pela *Boeing* é a automação centrada na competência humana, ou seja, a decisão final é sempre do piloto, auxiliada pelos sistemas embarcados. Portanto, diante das grandes mudanças nos procedimentos de pilotagem, com uso de novas e modernas tecnologias, o uso crescente de automação na aviação tem afetado diretamente a interação homem/meio/máquina, exigindo novas habilidades por parte dos pilotos (BHANA, 2010). Com o piloto passando a maior parte do voo como um gerenciador do piloto automático, a automação, inicialmente projetada como ferramenta para aumento dos níveis de segurança, pode se apresentar como um fator de risco

¹ *Glasscockpit*: cabine de comando que apresenta instrumentos de voo digitais em vez do estilo tradicional de mostradores analógicos.

para a operação, devido a complacência dos pilotos em relação aos sistemas automáticos, ou seja, como o piloto não controla o avião com suas mãos ele pode ficar sem saber como agir ou o que fazer em uma situação que necessite de intervenção manual, ficando muito dependente da tecnologia, caso ela venha a falhar. Quais foram os impactos relacionados ao desempenho humano com a implementação de sistemas de automação nas modernas aeronaves?

1.2 OBJETIVOS

Abaixo descreve-se os objetivos do presente trabalho. Serão apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é identificar quais são os principais impactos causados pela implementação de sistemas de automação na segurança operacional da aviação comercial e as diferenças conceituais entre as duas maiores fabricantes do setor, *Airbus* e *Boeing*, utilizando estudos de casos de acidentes que tiveram como fator contribuinte a má gestão e utilização da automação.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Comparar as filosofias de operação relacionadas com a automação de duas maiores fabricantes de aeronaves do mundo.
- Identificar como um treinamento é conduzido para lidar com falhas de automação.
- Recomendar melhores práticas para a manutenção de altos níveis de segurança operação, utilizando a automação.

1.3 JUSTIFICATIVA

O trabalho busca reconhecer qual o impacto da introdução da automação na aviação no desempenho dos pilotos, demonstrando como isso se reflete na segurança operacional. Conforme o andamento deste trabalho, serão mostrados diversos conceitos e definições de automação que hoje são empregadas nas principais aeronaves das fabricantes *Airbus* e *Boeing*, de modo a explorar os riscos existentes no meio operacional por conta da automação, bem como seus benefícios.

Seguindo a linha de pensamento de outros trabalhos científicos, teses e monografias, este trabalho observa a evolução da automação no meio aeronáutico e sua relação com o desempenho humano, como medida apta a garantir a segurança operacional (COSTA, 2020). Busca-se uma visão técnica da relação do uso da automação com a manutenção da consciência situacional, pois sua perda pode comprometer a segurança da operação (ZUNZARREN, 2019). Buscando o desenvolvimento de novas linhas de pesquisa que ajudem na problemática que os pilotos demonstram através da dependência que eles têm perante a automação em relação a segurança operacional.

A tecnologia ajuda os pilotos quando reduz a carga de trabalho na qual estes profissionais estão submetidos, no entanto, é importante que os pilotos saibam utilizar os sistemas de automação com sabedoria, sem se tornarem dependentes dela (CONTO, 2022).

1.4 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho utiliza como principais materiais de apoio, os manuais de aeronaves, relatórios finais de acidentes ocorridos que tiveram ligação de alguma maneira com a automação. Este trabalho foi limitado ao estudo de caso de relatórios finais de acidentes aeronáuticos, teses de doutorado, trabalhos científicos bem como apresentar acidentes causados por conta da utilização inadequada dos sistemas de automação. Esta pesquisa analisa a filosofia de

operação das fabricantes *Airbus* e *Boeing*, pois, os acidentes ocorridos com suas aeronaves causaram grandes mudanças no setor aeronáutico.

Por meio do estudo de caso de dois acidentes aéreos de grande repercussão e que de alguma maneira tiveram relação com a automação, este trabalho busca contribuir para o entendimento dos impactos e a influência que a automação tem sobre a operação de aeronaves comerciais e a segurança operacional. Os acidentes aqui escolhidos se deram por conta do excesso de confiança por parte do piloto na automação e pelo fator do estresse, onde seja por falta de treinamento ou por fadiga levou o piloto a não identificar o erro no cockpit.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nos últimos anos a aviação evoluiu consideravelmente. Com 500 milhões de passageiros sendo transportados só na década de 1970 e tendo esse número dobrado em 1980 e novamente em 1990 no cenário mundial da aviação (TARNOWSKI, 2002). De maneira paralela, a demanda de carga teve um aumento médio de 10% ao ano, ampliando a taxa de tráfego aéreo e criando céus cada dia mais movimentados (TARNOWSKI, 2002). Com o crescente número de companhias aéreas que nasciam e a falta de pilotos, os operadores foram forçados a empregar jovens cadetes para pilotar suas aeronaves, ao mesmo passo que essas aeronaves a essa altura já ultrapassadas tiveram que coexistir com tecnologias modernas, as quais foram criadas para auxiliar na navegação aérea, fazendo com que o homem deixasse de depender de processos unicamente visuais de orientação (PORTILHO; BUKZEM, 2015).

Isso acabou criando riscos inéditos dentro da aviação comercial, porém os níveis de segurança operacional² passaram a ser mais rigorosos, tornando os

² Segurança Operacional é o “estado no qual o risco de lesões a pessoas ou danos a bens (equipamentos ou estruturas) se reduzem e se mantêm em um nível aceitável ou abaixo deste, por meio de um processo contínuo de identificação de perigos e gestão de riscos” (ANAC, 2010, p. 180).

custos de combustíveis, tripulação e manutenção em uma preocupação fundamental, porém as aeronaves antigas e sem equipamentos modernos não poderiam satisfazer esses novos objetivos de segurança (TARNOWSKI, 2002). A partir disso as fabricantes de aeronaves passaram a transformar o *cockpit*, adicionando uma vasta quantidade de dispositivos automatizados para melhorar a segurança de voo e a eficiência, adaptando-a para o homem e o capacitando através de treinamentos para saber lidar com ela (TARNOWSKI, 2002).

2.1 A AUTOMAÇÃO NA AVIAÇÃO

Segundo Billings (1997) e Jukes (2004), a introdução e evolução da automação no setor aeronáutico resultou em grandes melhorias em relação a segurança operacional. Tendo como principal objetivo a redução da carga de trabalho dos tripulantes e conseqüentemente minimizar o número de erros humanos frente à complexidade dos sistemas que integram as aeronaves (BILLINGS, 1997). Em contrapartida, estudos de caso mostram a real possibilidade de que essas lacunas comprometam a segurança operacional.

Será possível que os pilotos estão confiando demais na automação, eles estão acreditando que os sistemas automatizados dificilmente, ou até mesmo, nunca irão apresentar falhas ou se comportar de modo inesperado. Citando, como exemplo, o voo AF447, onde, após seguirem com a desativação do piloto automático (A/P) e do *autothrottle*³ (A/THR), procedimento esse que é padrão para situações onde os indicadores começam a mostrar leituras errôneas de velocidade, confundiu os pilotos a ponto de não conseguirem mais controlar a aeronave, a qual caiu em alto mar, matando todas as 228 pessoas a bordo (BEA, 2012, p. 200, traduzido pelo autor). O mesmo vale para o voo JJ3054, operado pela companhia aérea brasileira TAM, atual LATAM, “que levou a morte de 199 pessoas, onde o excesso de confiança por parte do piloto na infalibilidade do

³ *Autothrottle* “é um sistema automático acionado pelo piloto da aeronave, que dosa a potência para uma velocidade pré-selecionada”.

computador de voo o faz deixar de acompanhar os parâmetros de voo, o fazendo acreditar que estava tudo dentro do controle” (CENIPA, 2009, p. 86).

A crença depositada nos "sistemas automatizados que nunca falham", somados à ausência de informações adequadas aos pilotos, levou a uma redução da consciência situacional dos pilotos nos dois casos citados acima (BEA, 2012, p. 199). Mostrando, a necessidade de implementação de alertas dentro das próprias aeronaves maximizando a consciência situacional dos pilotos, elevando juntamente a segurança operacional. Tendo em vista que nas duas situações analisadas acima “os pilotos não estavam a par do que estava acontecendo dentro da cabine, e nem o que os sistemas automatizados estavam indicando ou de que modo eles estavam atuando nos instantes finais dos acidentes” (BEA, 2012, p. 199).

Outro fator com relação a automação que possa vir a influenciar na segurança operacional, é o medo por parte dos pilotos em intervir nos sistemas, a falta de confiança por conta do excesso de automação ou proceder no comando da aeronave de maneira manual em momentos em que se faz extremamente necessário, devido ao grande nervosismo e tensão causados por tais situações. Tal fato foi revelado no relatório final do acidente do voo 6291 da *United Express*, ocorrido em 1994, onde um copiloto inexperiente e que não tinha confiança em falar o que queria, e um comandante que possuía dificuldade em fazer o acompanhamento correto dos instrumentos da cabine durante o procedimento de pouso, não conseguiram tirar a aeronave de um estol⁴ (NTSB, 1994, p 81, traduzido pelo autor). É essencial que o piloto em comando tenha total conhecimento sobre a operação e dos sistemas, de modo geral, que estão embarcados na aeronave, para que se necessário se faça a intervenção manual de forma eficaz e segura.

2.1.1 Vantagens e deficiências da automação

⁴ Estol ou *stall* “é a perda de sustentação em uma aeronave em voo”.

Sem dúvidas a automação traz inúmeros benefícios em qualquer área em que ela é aplicada, igualmente na aviação. Os benefícios são muitos: introdução de alarmes sonoros e visuais que alertam para falhas ou mau funcionamento do sistema, redução na carga de trabalho, dispositivos de prevenção de acidentes. Como exemplo, podemos citar o piloto automático, que é um mecanismo de comando automático que mantém a aeronave em voo nivelado, podendo ter o rumo ajustado pelo piloto. Ele controla o avião nos seus três eixos de movimento angular, ou seja, ele envia os comandos para o eixo longitudinal, o eixo lateral e o eixo vertical (ANTAS, 1979, p. 756). Ao detectar desvios durante a trajetória de voo, o piloto automático aciona as superfícies de comando da aeronave citadas acima, fazendo com que a aeronave se mantenha na trajetória desejada (EISMIN,2002, p. 392).

Grande parte das recomendações de segurança em relatórios finais, sejam eles de acidentes ou incidentes, tem tratado como fatores contribuintes para esses eventos indesejáveis, muitos deles transformados em tragédias, os erros operacionais que têm causados um significativo desequilíbrio na relação Homem/Meio/Máquina (ABREU JR, 2008). Mais de 20% dos acidentes que ocorrem durante os procedimentos de aproximação e pouso possuem como fatores contribuintes erros na utilização e controle do sistema de voo automático, e/ou, a falta de conhecimento dos modos de operação (AIRBUS, 2004). É evidente a grande importância de se ir a fundo para ter o entendimento das consequências causadas pela automação dentro do *cockpit* das aeronaves, em relação com a familiarização dos pilotos com os sistemas, para que se possa assegurar uma clara compreensão dos princípios de funcionamento dos sistemas automatizados, bem como para que eles possam saber administrar e interagir com os sistemas (ABREU JR, 2008).

2.2 O PORQUÊ DE TANTA AUTOMAÇÃO

Um sistema ou método no qual uma ou mais tarefas são realizadas e/ou controladas automaticamente por máquinas ou dispositivos eletrônicos autônomos é a definição de automação (BILLINGS, 1997). Essa tecnologia é relativamente recente dentro da aviação, e por conta disso, em alguns casos, devido tamanha novidade e complexidade dessa tecnologia, a familiarização com esses sistemas e equipamentos é limitada.

Por conta disso, novas ferramentas automatizadas foram criadas para ajudar o homem a desempenhar múltiplas funções ao mesmo tempo, evitando a necessidade humana em muitas situações. A *Airbus* desenvolveu sistemas automáticos capazes de compensarem as fraquezas humanas, deixando evidente locais que necessitam do uso da automação, assim como os que não necessitam (TARNOWSKI, 2003).

2.2.1 O homem, seu aspecto forte e suas deficiências

O homem é um ser muito complexo que possui capacidade de tomar decisões, fazer análises e de sintetizar. Possui grande capacidade de memorização, desde sensações até sentimentos, e essa capacidade constrói intuição, tomadas de decisões e o permite distinguir as coisas, tudo de forma natural (TARNOWSKI, 2003). Tendo como um grande aspecto e muito positivo, ele se adapta de forma muito fácil em ambientes novos e desconhecidos, por meio de sua aprendizagem e experiência (TARNOWSKI, 2003).

Porém, em condições anormais, o organismo do homem pode sofrer algumas alterações em seu metabolismo. Isso ocorre por conta de o piloto estar diariamente exposto a grandes altitudes, onde se tem menor concentração e oxigênio disponível e também grandes variações de temperatura. Tudo isso em conjunto podem desencadear fadiga, ilusões visuais, sono e falta de oxigenação no sangue. A familiarização do piloto com a cabine de comando e com todos os equipamentos nela instalados, pode ajudar os pilotos a desenvolverem mais resiliência fisiológica (SANTI, 2009).

2.2.1.1 A importância do treinamento

Segundo Chiavenato (2010), a definição de treinamento é o "processo sistemático que envolve uma mudança nas habilidades, conhecimentos e atitudes, considerando também o comportamento dos empregados, fazendo estímulos para os mesmos serem mais produtivos na direção dos objetivos organizacionais". Treinamento também é um processo de semelhança cultural de curto prazo, tendo como objetivo transferir conhecimentos, melhorar habilidades ou mudar algumas atitudes relacionadas diretamente com a execução de tarefas ou melhorias no trabalho (MARRAS, 2009).

Um treinamento contínuo é de suma importância, pois a nossa memória é uma fonte onde tiramos informações que obtemos vivenciando coisas, fazendo aplicação prática e estudando (BAUER, 2010). Durante um intervalo de tempo, todo o conhecimento obtido permanece na memória, podendo durar ou não. Porém, isso depende da frequência que essa memória será ativada (BAUER, 2010). Durante situações que venham causar fatores de estresse, falhas na memória podem acontecer, por conta disso o *checklist* se torna essencial para auxiliar no monitoramento do voo (BAUER, 2010). Nesse sentido, faz-se necessário treinamentos para lidar com emergências que podem acontecer durante a operação de uma aeronave. Para situações mais complexas onde panes mais difíceis de resolver, se faz necessário um ambiente simulado e devidamente acompanhado e preparado por instrutores experientes, fazendo com que os pilotos se tornem familiarizados com os procedimentos e estejam preparados para agir em possíveis ocorrências reais que possam vir a ocorrer (RODEGUERO, 2013).

Sabe-se que o erro humano é impossível de ser extinto, por conta disso são essenciais treinamentos padronizados, para fazer com que os pilotos desenvolvam habilidades e saibam identificar e gerenciar erros, e que a segurança operacional seja mantida em níveis aceitáveis, existindo uma melhoria contínua nos requisitos de segurança, rentabilidade e de atendimento ao cliente e tornando os profissionais mais comprometidos e satisfeitos com o trabalho

(METADADOS, 2019). O treinamento ajuda na melhoria da eficiência das pessoas, mudando suas atitudes, melhorando sua produtividade e evitando erros (REGINATTO, 2004).

2.2.1.2 Treinamento prático

O primeiro passo para a formação de um piloto é o treinamento, e até o final de sua carreira ele irá passar por diversos treinamentos, seja para aprender novas coisas, seja para renovar suas habilitações, se familiarizar com novos equipamentos ou até mesmos para reciclar os seus conhecimentos no equipamento em que este está operando. Hoje em dia o treinamento passa por um processo que tem em vista a concessão da CHT. O CHT é o Certificado de Habilitação Técnica, o qual é emitido pela ANAC aos profissionais da aviação civil, atestado que os mesmos estão habilitados e devidamente capacitados para exercerem sua profissão em suas respectivas categorias.

Pilotar um avião vai muito além de realizar uma atividade puramente mecânica, em função da presença de tecnologias de automação empregadas atualmente. Pilotar uma aeronave moderna exige atualmente a capacidade de gerenciamento de uma série de variáveis e sistemas que interferem na performance da operação, tanto de forma indireta quanto de forma indireta. Em função desse novo cenário de operação, criou-se uma filosofia comportamental conhecida como *Crew Resource Management (CRM)*. Com a diminuição dos acidentes aéreos causados por falhas mecânicas a partir da década de 1970, em função do avanço tecnológico, percebeu-se que grande parte das novas ocorrências se relacionava com o desempenho humano, em parte por falhas no treinamento das tripulações (KANKI, 2010).

Nesse cenário, o CRM foi uma técnica que inovou a aviação. Estudos conduzidos por Ruffel (1979) sugeriram uma correlação no estilo de liderança e a forma de comunicação que principalmente o comandante aplicava com a tripulação. Nos anos de 1980, nasce uma nova disciplina no treinamento das equipes na aviação, que no início foi chamada de *Cockpit Resource Management*

ou CRM. Conforme o tempo foi passando e essa disciplina se tornava cada vez mais reconhecida na comunidade da aviação, ela foi renomeada para *Crew Resource Management*. No CRM foi definido como usar os recursos disponíveis na operação de voo para obter voos mais seguros e eficientes.

Todo treinamento depende do quanto você o exercita para ter a eficácia e eficiência dentro de sua função, se faz necessário um contínuo monitoramento no que tange à estrutura do treinamento e à tripulação. Em função dessa realidade, além do treinamento teórico e nas aeronaves, existe o treinamento em simuladores, assunto que será tratado a seguir.

2.2.1.3 Treinamento em simulador de voo

O simulador de voo é um equipamento utilizado no treinamento de pilotos, que tem como objetivo seguir fielmente todo um procedimento de voo com todas as condições reais que são vivenciadas em um *cockpit*. Este equipamento é instalado em terra e pode ser programado para reproduzir operações de voo normais e anormais. Ele é utilizado em todo o mundo, e a cada ano que passa esses equipamentos tem seus *software* e *hardware* aprimorados para refletir exatamente como um *cockpit* de determinada aeronave é. Nele são instalados sistemas que movimentam a cabine por completo, para simular os movimentos presenciados em voo e toda a parte de engenharia de um voo.

A ANAC denomina os simuladores de voo como Dispositivos de Treinamento Simuladores de Voo ou FSTD, do inglês *Flight Simulator Training Devices*, e os classifica em três categorias: PCATD (*Personal Computer based Aviation Training Device*); ATD (*Aviation Training Device*) e FSTD (*Flight Simulation Training Device*). O *Personal Computer Based Aviation Training Device* (PCATD), no português em tradução livre, Dispositivo de Treinamento de Voo baseado em Computador Pessoal, é o mais simples dos três, onde se pode utilizar uma aeronave qualquer com um nível de realismo baixo. Este tipo de simulador não pode ser utilizado para contar horas de treinamento para se obter uma habilitação.

O *Flight Simulation Training Device* (FSTD) é o mais fiel dos três. Ele pode representar uma aeronave específica ou uma genérica e pode ser utilizado para se conseguir uma habilitação de tipo. O FSTD também possui a classificação de Simulador de Voo Completo, ou FFS, do inglês *Full Flight Simulator*, e esse tipo é considerado como o mais desenvolvido e fiel à aeronave específica, além de ser o mais utilizado para se obter uma habilitação de tipo pelas companhias aéreas em seus treinamentos (ANAC, 2017).

Todos os requisitos de funcionamento, treinamentos e simuladores aplicados aos pilotos que trabalham em companhias aéreas são determinados pelo RBAC 121 e as companhias aéreas devem segui-lo, pois, ele também determina as diretrizes para as operações de transporte aéreo público com aeronaves que operam com mais de 19 assentos e que possuem capacidade de carga máxima paga acima de 3.400 kg. Nele são determinados todos os procedimentos e manobras a serem treinados nas fases de voo normais, anormais ou de emergência, com âmbito geral na parte operacional das aeronaves. O apêndice F do RBAC 121 trata dos exames de proficiência, nele são listadas várias situações onde os pilotos devem atingir aproveitamento no mínimo satisfatório nas avaliações, tanto iniciais quanto de renovação das habilitações.

2.2.2 Alguns sistemas automatizados nas aeronaves *Airbus* e *Boeing*

O grande desafio das fabricantes de aeronaves é a constante busca por melhorias nas tecnologias empregadas nos sistemas embarcados em suas aeronaves. No que diz respeito a operação, o objetivo é oferecer aos pilotos uma fácil assimilação e operação, reduzindo e em alguns casos eliminando erros operacionais, dando a eles uma sensação de conforto (ABREU JR, 2008, p. 12).

A filosofia da *Airbus* é centrada na automação, enquanto a *Boeing* tem como centro as capacidades do ser humano. Para a *Airbus*, a automação deve atuar de forma a evitar e anular erros e excessos, e se caso necessário interferir nas decisões tomadas pelos pilotos, impedindo-os de ultrapassar os limites físicos da aeronave, os quais são estabelecidos pela proteção de voo. Em contrapartida, a *Boeing* acredita que em conjunto com a automação, deve-se

permitir ao piloto a tomada de decisões. Tanto nas aeronaves *Airbus*, quanto nas aeronaves *Boeing* é possível desarmar o Piloto Automático (A/P) e os *autothrottles* (A/THR) apertando simples botões, dando ao piloto o controle manual da aeronave. A *Airbus* limita ao máximo a decisão do piloto enquanto a *Boeing* o auxilia.

A *Airbus* é muito rígida em relação a parâmetros e limites, os quais são invioláveis, como o *Control Laws*, que rege todo o sistema *fly-by-wire*⁵. Dentro do *Control Laws*, temos o *Normal Law*, que é uma configuração operacional normal, onde ele não permite que a falha de um único computador venha a afetar o sistema. Com a aeronave nessa configuração, é impossível controlar a aeronave para realizar manobras e criar atitudes anormais que possam representar risco excessivos na operação.

Por exemplo, a proteção de *Bank Angle* é uma proteção de ângulo de curva, onde caso o piloto venha realizar curvas até 33° de inclinação, a aeronave não sofre intervenção alguma por parte do sistema, além de manter a aeronave na posição desejada. De 33 à 67° o piloto deve manter pressionado o *sidestick*⁶ para conseguir manter um ângulo dentro desta faixa. Se ele vir a soltar, a aeronave irá retornar sozinha para o ângulo 33°. Na configuração *Normal Law*, o limite máximo que o sistema permite para uma inclinação é 67°, mesmo o piloto tentando extrapolar esse limite propositalmente.

O *Pitch Angle* faz a proteção de ângulo de subida ou descida, essa proteção depende do posicionamento dos *flaps*⁷ e da velocidade da aeronave. Dentro da proteção de *Pitch Angle*, o ângulo máximo de subida é +30° sem *flap* e até a sua posição 3. Reduzindo para 25° em velocidades mais baixas. Já

⁵ O *fly-by-wire* “é um tipo de controle das superfícies móveis de um avião por computador feito através de cabos elétricos, permitindo que qualquer modificação da direção e do sentido de uma aeronave feita pelo piloto seja “filtrada” e repassada para as superfícies móveis: aileron, profundor, leme” (Airbus, 2012).

⁶ *Sidestick* “é o dispositivo de comando das aeronaves Airbus, este modelo também é utilizado por outras fabricantes”.

⁷ Os *flaps* “são dispositivos hiper sustentadores que consistem de abas, ou superfícies articuladas, existentes nos bordos de fuga (parte posterior) das asas de um avião, os quais, quando abaixados e/ou estendidos, aumentam a sustentação e o arrasto ou resistência ao avanço de uma asa pela mudança na curvatura do seu perfil e pelo aumento de sua área”.

utilizando *flap* no máximo, seu ângulo de subida chega no máximo 25° o reduzindo para 20° em velocidades baixas. Em todas as configurações, para a descida o *Pitch Angle* máximo é -15°.

Existe também a Proteção de Fator de Carga (Força G), que depende da posição dos *flaps* da aeronave. Sem *flaps* é +2.5G e -1G. Quando se aplica *flaps*, passa a +2.0G e 0G (FERREIRA, 2015).

Overspeed é a proteção de excesso de velocidade, onde ao se aproximar da velocidade máxima, é criada uma tendência de *pitch up*⁸ no avião. A cabine possui um aviso sonoro e visual de 'OVERSPEED'.

Segundo Ferreira (2015), outro tipo de proteção do sistema de automação é o *Alpha Protection*, que é a proteção de ângulo de ataque. Quando operando a aeronave em *Normal Law*, é quase impossível estolar o avião. Nesse sentido, relacionadas ao sistema de proteção de ângulo de ataque, existem 4 definições básicas que seguem uma ordem decrescente de velocidade:

- VLS: É a velocidade mínima permitida para a tripulação selecionar no piloto automático. Mesmo de maneira intencional, o sistema não permite o piloto selecionar uma velocidade menor que a VLS (essa velocidade é variável em virtude do peso e configuração da aeronave);
- V_{α} Prot: Nessa velocidade, um comando automático abaixa o nariz da aeronave caso não haja nenhuma pressão no *sidestick*;
- α Floor: Caso a velocidade chegar a este ponto, mesmo com a ação acima, é aplicado potência máxima automaticamente (TOGA);
- V_{α} Max: Nessa velocidade, o computador ajusta de maneira automática o ângulo da aeronave para que ela mantenha esta velocidade com potência máxima.

Percebe-se que a filosofia da *Airbus* acredita que a automação pode suprimir comandos dados pelos pilotos. Por outro lado, a *Boeing* acredita que o ser humano possui uma melhor condição de avaliação e julgamento diante de

⁸ *Pitch up* "é subir o nariz do avião para diminuir a velocidade, onde para manter o avião nivelado, o piloto precisa fazer uma força para frente no *sidestick*, o qual não é normal de se fazer durante o voo de cruzeiro".

alguma situação, por isso ela acredita que o piloto deve tomar a decisão final. Ambas as fabricantes se diferenciam nos controles de voo.

No caso do *Airbus*, como vimos acima, são usados *sidesticks*, os quais agem de forma independente dentro da cabine. Os *sidesticks* do comandante e do copiloto não se movimentam de maneira conjunta ao receber um comando. No *Boeing* são usados manches, onde ambos agem de maneira uniforme. Se o comandante der um comando o manche do copiloto se moverá da mesma forma e vice-versa (Balog, 2015). Por conta da falta de ação conjunta dos *sidesticks* nos modelos da *Airbus*, o voo AF447, já citado acima, operado por um *Airbus A330*, teve como um dos fatores contribuintes para o acidente essa falta de *feedback* (BEA, 2012).

Para melhor visualização de algumas das principais diferenças básicas entre as aeronaves de ambas as fabricantes e suas filosofias, visualiza-se no Quadro 1, com a comparação das aeronaves mais vendidas de ambas as fabricantes, o *Airbus A320* e o *Boeing 737*:

Quadro 1 - Diferenças básicas entre o A320 e o B737

	A320	B737
Controles de voo	<i>Sidestick</i>	Manche
Piloto automático	<i>Sidestick</i> e manetes de potência imóveis.	Manche e manetes de potência se movimentam.
Superfície de comando	<i>Fly-by-wire</i>	Cabos e sistemas hidráulicos
Proteção de voo	Limitações no FCC.	Vibrações artificiais no manche.
Monitoramento eletrônico	ECAM (<i>Electronic centralised aircraft monitoring</i>).	EICAS (<i>Engine indicating and crew alerting system</i>),

Fonte: Elaborada pelos autores, adaptado de *Airbus; Boeing, 2022*.

Outra diferença na filosofia de operação é que, diferentemente das aeronaves da *Boeing*, onde os comandos dados pelo piloto automático e do *autothrottle* na aeronave movimentam o manche e as manetes de potência, nos modelos *Airbus* esses comandos passam sem ser notados, pois os *sidesticks* e as manetes de potência se mantem parados mesmo com mudanças nos

parâmetros dos comandos e potência dos motores (BALOG, 2015). Já no Quadro 2, são demonstradas algumas diferenças existentes nas filosofias da *Airbus* e da *Boeing*:

Quadro 2 - Diferenças entre a filosofia da *Airbus* e da *Boeing*

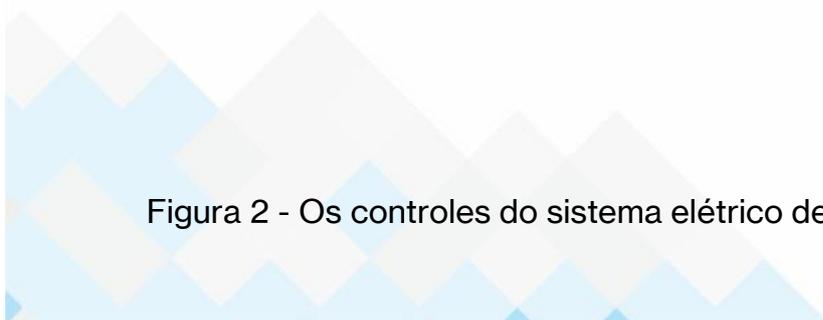
	<i>Airbus</i>	<i>Boeing</i>
Ponto 1	O centro é a automação.	O centro é a capacidade do ser humano.
Ponto 2	A automação atua evitando erros e interferindo nas tomadas de decisão caso necessário.	A automação auxilia na tomada de decisão levando em conta as capacidades fisiológicas e psicológicas dos pilotos.
Ponto 3	A automação responde melhor do que os pilotos.	Os pilotos julgam e avaliam situações melhor.

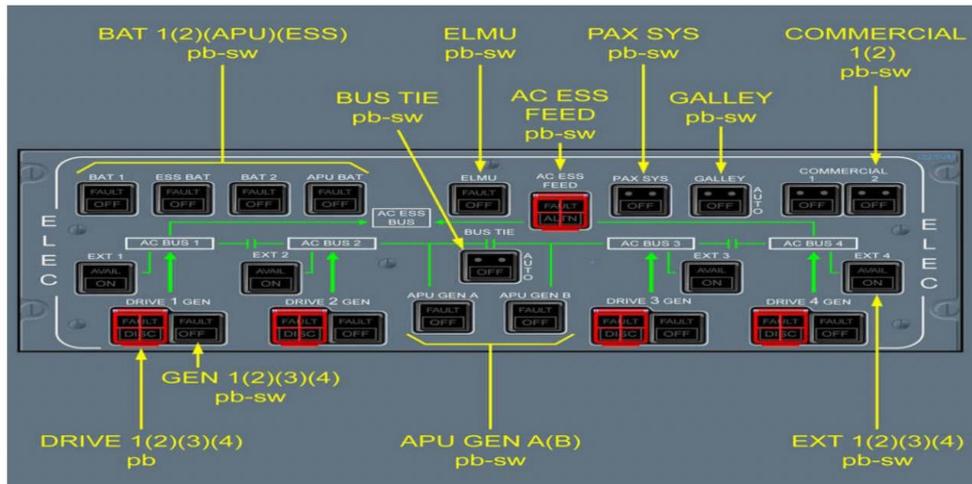
Fonte: Elaborada pelos autores, adaptado de *Airbus; Boeing, 2022*.

Dentre outras diferenças entre a aeronaves da *Airbus* e *Boeing* está a cor de seus *cockpits*, onde a *Airbus* em seus A310 foi a primeira em deixar o *cockpit* escuro, deixando vários botões na cor branca quando operacionais facilitando a distinção dos pilotos na garantia de que os sistemas estejam realmente funcionando como deveriam. Quando “todas as luzes brancas estão apagadas” é utilizado como um termo na documentação da *Airbus*, para realização a preparação da cabine antes de um voo.

A seguir serão apresentadas imagens de outras diferenças dentro do *cockpit* das aeronaves de ambas as fabricantes. Essas diferenças variam desde a estética até aos seus sistemas (Figura 1).

Figura 2 - Os controles do sistema elétrico de um *Airbus A380*

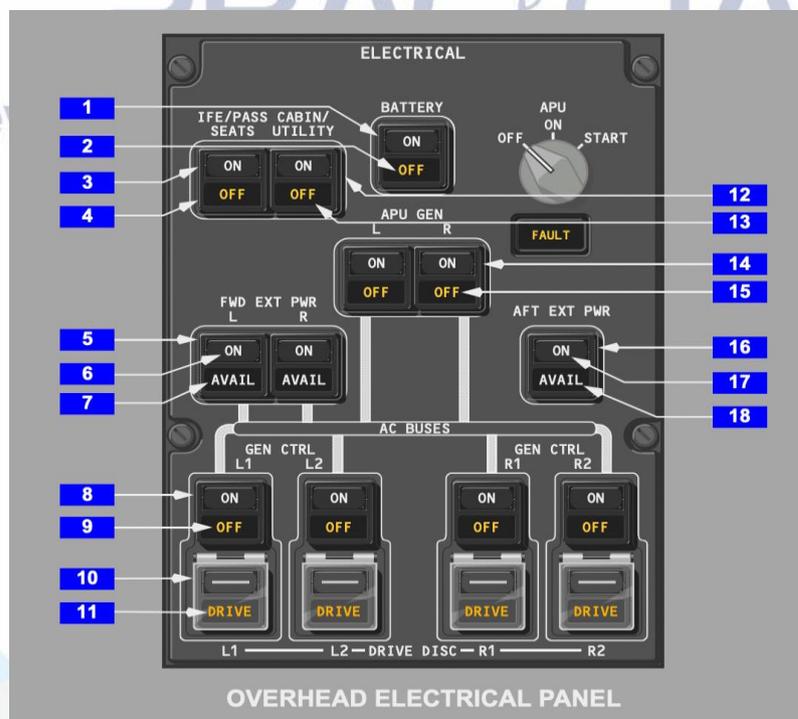




Fonte: Simpleflying (2022).

Nas aeronaves *Boeing* a tradicional luz ON e OFF para botões de pressão ainda é o padrão (MAAZ, 2022). Na Figura 2, a seguir, pode-se notar essa diferença nos painéis de ambas as fabricantes.

Figura 3 - O painel de controle do sistema elétrico de um *Boeing 787*



Fonte: Simpleflying (2022).

As aeronaves modelos A320 fabricadas pela *Airbus* possuem sistema de comandos digitais *fly-by-wire*. Esse sistema não possui estabilidade de

velocidade, sendo sua estabilidade de passo. Uma aeronave convencional, devido a sua estabilidade natural, tenta sempre retornar à sua posição original quando algum comando nos controles a retira da posição estabilizada. Por exemplo, se uma aeronave mantém 250 nós e se um piloto dá um comando de nariz pra cima e solta os comandos, a aeronave oscila, buscando retornar a sua condição original, até estabilizar de volta aos 250 nós. Nas aeronaves *Airbus*, isto não acontece.

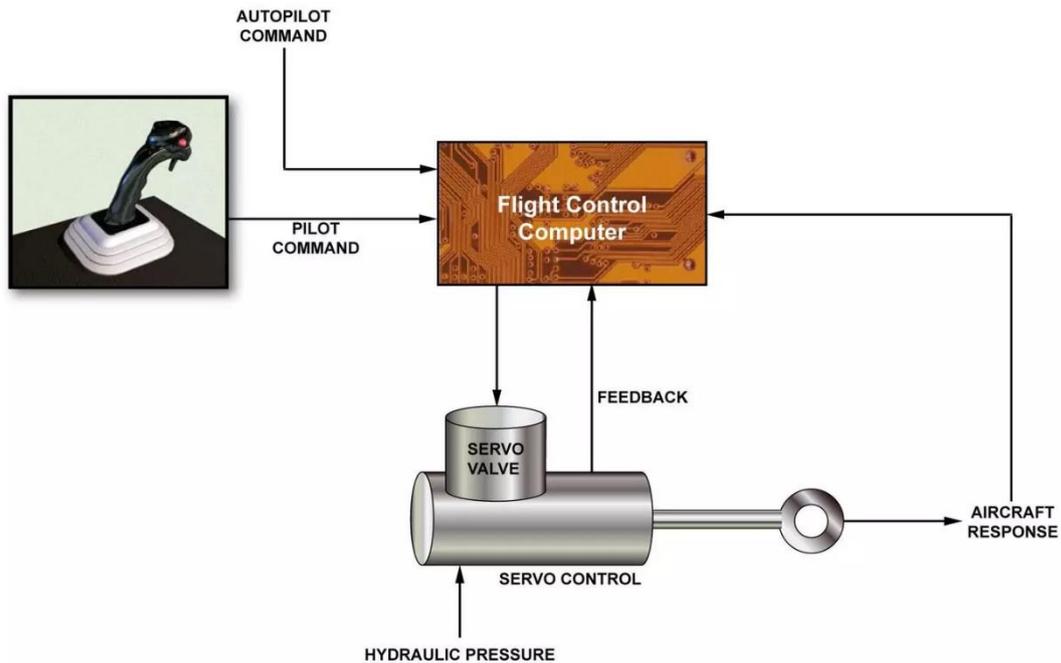
A *Airbus* projetou suas aeronaves com estabilidade neutra e com acabamentos automáticos. Isto significa que se um piloto comanda controles e o deixa, a aeronave mantém a atitude comandada. E mantém esse passo até que o piloto mude novamente o comando. Ele não tenta voltar ao estado neutro.

A *Boeing* projetou seu *fly-by-wire* com estabilidade de velocidade artificial e acabamentoo manual. Quando uma aeronave *Boeing* é perturbada em seu estado neutro e solta o comando, ela oscila para cima e para baixo como uma aeronave convencional até ganhar o estado neutro novamente. Na Figura 3 é apresentado o sistema *fly-by-wire*.

No *roll axis*⁹, *Airbus* e *Boeing* têm filosofias semelhantes. Quando uma aeronave convencional é colocada em uma curva inclinada, o piloto deve constantemente puxar para trás nos controles para manter a altitude. Mas no *Airbus* e *Boeing* equipados com sistema *fly-by-wire*, até um certo ângulo de inclinação, o piloto não precisa compensar a perda de altitude, já que o sistema *fly-by-wire* move o profundor e os controles de inclinação conforme necessário para manter a altitude.

Figura 4 - Sistema *fly-by-wire*

⁹ *Roll axis* “é o eixo longitudinal (“roll” em inglês) é um eixo imaginário que se estende desde o nariz até a cauda do avião. O movimento que realiza o avião ao redor deste eixo é denominado bancagem, rolamento ou giro”.



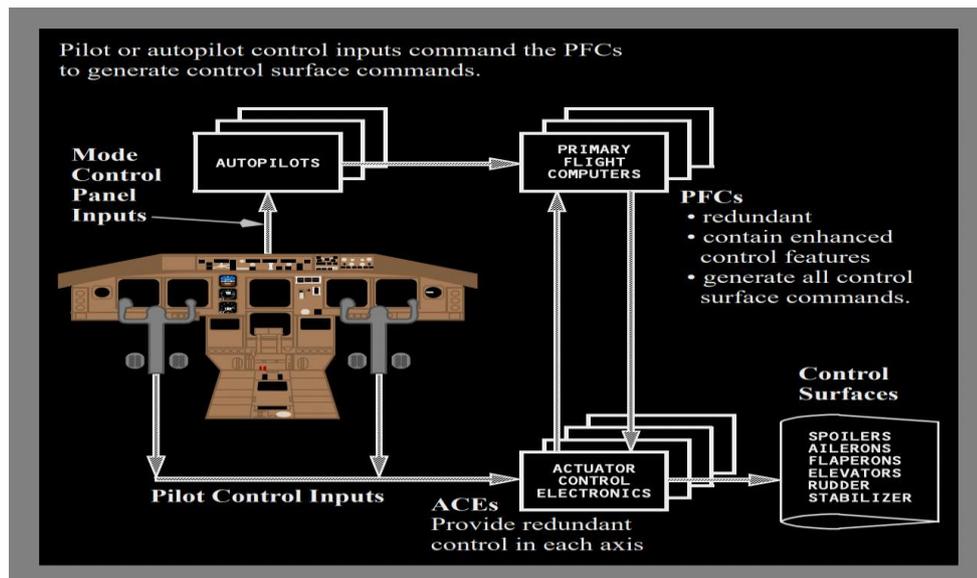
Fonte: Airbus (2022).

As aeronaves *Boeing* também operam em três modos de controle. Eles são conhecidos como *Normal mode*, *Secondary mode* e *Direct mode*. A grande diferença entre as leis/modos de controle *Airbus* e *Boeing* é que, neste último, quando o piloto dá um comando, ele é enviado primeiro para a *Actuator Control Electronics* (ACEs). Os ACEs então as enviam para os *Primary Flight Computers* (PFCs) onde as entradas do piloto são verificadas e enviadas de volta para os ACEs para comandar os atuadores hidráulicos dos controles de voo. Na *Airbus*, há um computador de controle de voo, e o piloto o sinaliza diretamente para mover os controles de acordo com a lei de controle definida (MAAZ, 2022).

Quando em *Normal Mode*, no eixo de inclinação da aeronave *Airbus*, o piloto não controla diretamente a superfície de controle. Quando se comanda uma manobra de inclinação, o elevador é então movido pelos computadores para atender à manobra de inclinação. Como a aeronave tem estabilidade de velocidade artificial, uma mudança de inclinação na maior parte do tempo requer um corte manual. O controle de rotação no modo normal é bastante

convencional, pois os *aileron*s¹⁰ são diretamente proporcionais ao deslocamento do manche. Os controles de guinada também se comportam de forma convencional. Ou seja, a deflexão do leme de direção determina a taxa de guinada (MAAZ, 2022).

Figura 5 - Boeing fly-by-wire - Normal mode



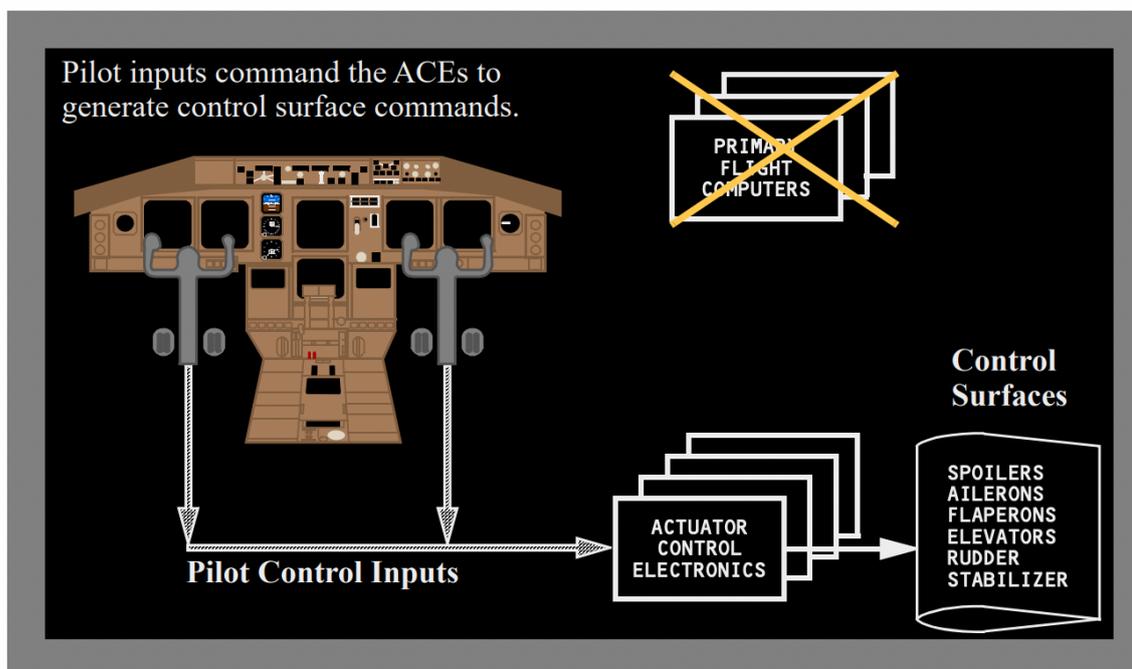
Fonte: Simpleflying (2022).

Quando a aeronave *Boeing* passa por condições de falha, seja ela nos sistemas de navegação ou em componentes elétricos do sistema A/P, ela volta ao *Secondary mode*. No *Secondary mode*, o comportamento de controle em passo é tal que a coluna de controle e a deflexão do elevador são diretamente proporcionais. Os controles de rotação e de guinada são similares ao *Normal mode*. Quando no *Secondary mode* todas as proteções do envelope são perdidas e devido às leis de controle simplificadas do modo secundário, as qualidades de manobrabilidade da aeronave são um pouco degradadas. Com outras falhas, os controles passam para o modo direto. No *Direct mode*, os sinais de controle não

¹⁰ Os *Ailerons* “são partes móveis dos bordos de fuga das asas de aeronaves de asa fixa, que servem para controlar o movimento de rolamento da aeronave”.

são mais processados pelos PFCs. Eles vão para os ACEs, e deslocam as superfícies de controle como uma aeronave convencional.

Figura 6 - Boeing fly-by-wire - Secondary mode



Fonte: Simpleflying (2022).

A maior diferença na *Control Laws* entre Airbus e Boeing é que na *Normal Law*, as aeronaves Airbus, como já dito acima, têm proteções rígidas que não podem ser excedidas pelos pilotos. Na Boeing, as proteções do envelope são suaves, ou seja, elas podem ser excedidas, mas isso exige um esforço extra do piloto nos controles.

A maior diferença entre um cockpit Boeing e um cockpit Airbus é que o Boeing usa um manche, e o Airbus usa um sidestick lateral. Segundo a Airbus, o sidestick lateral facilita o voo da aeronave porque, com os apoios de braço corretamente ajustados, são necessários apenas movimentos de pulso muito finos para manobrar a aeronave. O sidestick também proporciona uma visão desobstruída dos instrumentos de voo.

Figura 7 - Cockpit de um A320



Fonte: Airbus (2022).

A *Boeing* acredita na tradição e, de acordo com eles, o manche dá uma melhor sensação de controle da aeronave. No manche existe uma chave para controle do *trim*¹¹ da aeronave e outra que é usada para desacoplar o *Auto-Pilot*.

Figura 8 - Cockpit de um B737



Fonte: Wallpaper Safari (2018).

¹¹ *Trim*, “também conhecido como compensador, é um controle secundário localizado nos controles primários, ou seja, o *trim* pode ser encontrado junto ao *aileron*, profundor ou leme. Como o nome já diz, ele é utilizado para compensar os controles primários do avião, em outras palavras, diminuir o esforço que o piloto faz sobre os controles”.

R. bras. Av. civil. ci. Aeron., Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 3-42, jan-mar. 2023.

2.3 ESTUDO DE CASO - VOO AIR FRANCE 447

Em 31 de maio de 2009, às 22h20min o voo AF447 operado pela companhia aérea francesa *Air France*, utilizando uma aeronave *Airbus A330* com a matrícula F-GZCP, decolou do Aeroporto Internacional Tom Jobim – Galeão, localizado na cidade do Rio de Janeiro com destino a Paris, França.

Figura 9 - Aeronave *Airbus A330* que veio a se envolver no acidente AF447



Fonte: Kierzkowski (2007).

Por volta da 01h49min da manhã do dia 1 de junho de 2009, a aeronave sai da zona do radar brasileiro e entra em uma área sem cobertura radar sobre oceano Atlântico. Depois disso, uma série de eventos catastróficos surgem, os quais ceifam a vida de todas as 228 pessoas a bordo da aeronave. Vale ressaltar que a comunicação por rádio HF (*High Frequency*) utilizado naquela área, não era muito eficiente, por isso durante um curto período de tempo sem contato, acreditava-se que era apenas um problema de comunicação. A 35.000 mil pés, um dos primeiros eventos significativos observados foram o desacoplamento do piloto automático e do *autothrottle*.

Naquela noite havia uma grande atividade meteorológica naquela região. Durante as investigações, notou-se que os tubos de *pitot* ficaram bloqueados por cristais de gelo, que se formam ao redor do tubo e impediram a passagem do ar. Os tubos de *pitot* são os responsáveis pelo funcionamento de diversos instrumentos, dentre eles o velocímetro da aeronave. Por conta da obstrução, os instrumentos começaram a indicar velocidades de maneira incoerente, tendo até mesmo indicado 60kts enquanto a aeronave encontrava-se a 275kts no seu voo de cruzeiro. Um tubo de *pitot* congelado não é considerado um evento catastrófico, ou seja, um tubo de *pitot* não derruba um avião. Após o desacoplamento do piloto automático por conta do congelamento do tubo de *pitot*, o piloto assume o comando da aeronave de forma manual. O piloto em comando puxa o *sidestick* para trás erguendo o nariz da aeronave ao invés de manter o avião nivelado, reduzindo a velocidade do mesmo disparando um aviso de *stall*.

De maneira inexplicável, após o aviso do piloto que estava responsável pelo monitoramento do voo ter falado para fazer o avião descer ao invés de subir, o piloto em comando continuou com o *sidestick* para trás, fazendo com que o nariz do avião continuasse inclinado para cima cada vez mais. A 35.000 pés o ar é muito rarefeito, impossibilitando o avião muito pesado e cheio de combustível a voar mais alto. Na troca de turno entre os primeiros oficiais, o piloto mais experiente sai da cabine dando lugar a um piloto menos experiente, não deixando muito claro qual dos dois pilotos na cabine ficou no comando. Um minuto após essa sequência de eventos citadas acima, o comandante que estava na cabine de descanso nota algo errado e volta imediatamente ao *cockpit*. Ao chegar na cabine de comando, a aeronave já estava em uma descida de 10.000 mil pés por minuto de forma descontrolada, sem velocidade indicada e com o alarme de *stall* soando continuamente dentro da cabine. Às 2h14min28seg de 1º de junho de 2009 a gravação da caixa preta silencia. A aeronave bate na água a quase 200 quilômetros por hora, matando todos a bordo. Toda a queda durou 4 minutos e 30 segundos.

Os destroços da aeronave se espalharam por mais de 4 quilômetros de profundidade no Oceano Atlântico, onde as caixas pretas com as gravações de

voz e parâmetros de voo encontradas 2 anos depois. Com as leituras dos dados obtidos, revelam que o piloto que estava em comando aquela noite, até segundos antes da aeronave cair, manteve o *sidestick* para trás, deixando a aeronave em atitude de subida durante toda a queda (BEA, 2012).

2.4 ESTUDO DE CASO – VOO UNITED EXPRESS 6291

No dia 7 de janeiro do ano de 1994, o voo 6291 da *United Express*, caiu a aproximadamente 2 km da pista durante a sua aproximação final no Aeroporto Internacional de *Port Columbus* logo após entrar em um *stall*.

Figura 10 - Aeronave *Jetstream 41* envolvida no acidente



Fonte: *Wedelstaedt* (1999).

O piloto recebe a informação sobre formação de gelo opaco a 14.000 mil pés. O gelo opaco é uma formação rápida de gelo, que pode ser perigosa quando adere à superfície de um avião, como a asa, interrompendo o fluxo de ar, reduzindo a sustentação. Depois de 50 minutos de um voo noturno, o comandante se preocupa com as formações meteorológicas à frente e pede autorização para subir acima da formação de gelo, que seria a 15.000 mil pés. A

alguns minutos após isso, os pilotos se preparam para a descida e aproximação por ILS (*Instrument Landing System*)¹².

O avião começa a descer, com o pouso previsto em aproximadamente 6 minutos. Ao reduzir a velocidade para 170kt os pilotos discutem após o copiloto passar o número do voo errado para a torre, onde o comandante o deixa intimidado além de limitá-lo nos procedimentos dentro da cabine. O comandante assume o controle na aproximação ILS, fazendo com que ele execute uma descida controlada a uma taxa constante, levando a aeronave ao *touchdown* no início da pista. Ao sair das nuvens o piloto tem a visão da pista, acionando os *flaps* a 9° e acionando a extensão do trem de pouso. A poucos minutos do pouso, os *flaps* são colocados em 15°, é quando o avião começa a ficar descontrolado, caindo a poucos metros da pista e se incendiando, matando 5 pessoas na hora e ferindo outras 6, das quais 3 morreram mais tarde no hospital.

Segundo o relatório final do acidente, não houve evidência de falhas nas estruturas, sistemas ou motores que contribuíram para o acidente, e mesmo havendo gelo na fuselagem, não foi um fator que levou ao acidente. O avião foi colocado em serviço nos Estados Unidos em maio de 1993, e ambos os pilotos tiveram pouco tempo de voo para adquirir experiência suficiente no avião, o qual era equipado com um sistema eletrônico de oito instrumentos. O piloto tinha pouco tempo de experiência na posição de comandante (NTSB, 1994. Traduzido pelo autor).

Segundo o NTSB (1994) o capitão era inexperiente, e não confiava em suas habilidades diante da automação do novo modelo da aeronave *Jetstream*. Ciente desta sua falta de experiência ele pode ter confiado exclusivamente no piloto automático para complementar suas habilidades de voo, em busca de dar uma melhor estabilidade na aproximação da aeronave durante o pouso, em condições meteorológicas pouco favoráveis. Nos eventos ocorridos neste acidente, é refletido de maneira clara um colapso total na coordenação da

¹² ILS “é um sistema de aproximação por instrumentos, que dá uma orientação precisa ao avião que esteja na fase de aproximação final em uma determinada pista”.

R. bras. Av. civil. ci. Aeron., Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 3-42, jan-mar. 2023.

tripulação, o qual é um elemento essencial para conduzir abordagens instrumentais bem-sucedidas.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esse capítulo aborda os procedimentos metodológicos aplicados no desenvolvimento da pesquisa.

3.1 TIPO DE PESQUISA

Este trabalho é de natureza qualitativa, onde por meio de análises bibliográficas e estudos de relatórios finais de acidentes, buscamos identificar quais os impactos que a automação veio a causar e a se relacionar com os acidentes aqui estudados. A pesquisa também é explicativa, onde, segundo Gil (2009), é uma pesquisa que se preocupa em “identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos”. A classificação de pesquisa bibliográfica tem como base informações coletadas em documentos e materiais publicados, como sites de companhias aéreas e autoridades aeronáuticas.

3.2 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

Neste trabalho foram analisados materiais e documentos provenientes da investigação de acidentes aeronáuticos, principalmente relatórios finais, assim como manuais das aeronaves estudadas. Também são coletados dados de livros, artigos, monografias, dissertações e teses visando um maior aprofundamento sobre o tema.

A pesquisa documental empregada no presente trabalho, veio também de fontes que ainda não foram apresentadas de maneira analítica (GIL, 2009). A coleta dos dados se deu através de pesquisa bibliográfica e documental, a qual foi utilizada no presente trabalho e desenvolvida através de material já elaborado

anteriormente, tendo como fontes bibliográficas livros, publicações periódicas e diversos impressos (GIL, 2009, p.44).

3.3 ANÁLISE DE DADOS

O presente trabalho utilizou o ADOC (Análise Documental) a qual é uma técnica de abordagem de dados que busca complementar informações obtidas por outra técnicas, buscando desvendar novos aspectos e temas de um problema (LUDKE & ANDRÉ, 1986). Um documento é toda uma base de conhecimento fixado materialmente utilizado para consulta e estudo, tal fonte de informação ensina ou serve de exemplo ou até mesmo prova, podendo ser escrita ou não (CERVO & BERVIAN, 1983, p.79).

Esta técnica se justifica pela utilização restrita apenas a documentos, onde geralmente podem ser obtidos de maneira gratuita ou com um custo baixo, os quais servem para consulta, comprovação de algo ou para identificar ocorrências onde pesquisadores não podem observar ou assistir (CALADO e FERREIRA, 2005). Documentos podem ser encontrados em inúmeros e variados locais públicos ou privados, como: arquivos de instituições públicas, bibliotecas, bibliotecas universitárias, centros de documentos, escolas, centros de pesquisa, museus, entre outros (MOREIRA, 2005).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo como objetivo principal do trabalho a identificação de quais são os principais impactos causados pela automação em relação à segurança operacional em aeronaves comerciais e as diferenças conceituais entre as aeronaves das maiores fabricantes do setor, *Airbus* e *Boeing*.

Em pouco tempo a automação revolucionou a aviação de várias maneiras. De forma positiva temos a redução na carga de trabalho dos pilotos, reduzindo significativamente os erros humanos, além da redução dos custos operacionais e o aumento na eficiência (BILLINGS 1997). A diversidade de recursos disponíveis

transformou os voos em gerenciamentos de sistemas, porém com toda a tecnologia que surgiu a partir da automação, em alguns casos atrasou e limitou a familiarização por parte dos pilotos com os novos equipamentos que surgiram.

De certa maneira, a automação criou uma certa confiabilidade excessiva nos pilotos, fazendo-os a se acomodarem e deixarem de lado o monitoramento das condições de voo por conta da reconhecida eficiência dos computadores. Isso reduz a consciência situacional dos pilotos, colocando em risco a segurança operacional, especialmente situações de emergências e em situações que necessitem de intervenção rápida e manual, criando muitas vezes até mesmo medo em alguns pilotos em interferir na automação.

Como já dito neste trabalho, a intenção da automação dentro da aviação foi de maneira geral melhorar as operações de voo em todos os seus aspectos. Contudo, em qualquer setor a automação além de trazer benefícios, pode também criar inconveniências e grandes desafios, os quais podem ser amenizados através de muitos treinamentos técnicos, de gerenciamento de voo além de simulações de problemas que podem surgir durante um voo e sua fácil resolução.

Evidenciou-se através das análises aqui apresentadas, que durante as situações de emergência que saem da rotina de voo, os pilotos muitas vezes não souberam gerenciar de maneira correta os problemas que surgiram, pois não conheciam muito bem os sistemas embarcados em suas aeronaves, desde modos de operação até os alarmes e mensagens apresentados pelos sistemas na aeronave.

Ainda querendo harmonizar o Homem/Meio/Máquina tendo como base os relatórios finais e estudo, não apenas as fabricantes das aeronaves aqui citadas, as quais já fizeram melhorias nos sistemas automáticos e em seus modos de operação, mas todos envolvidos na área da aviação deveriam fazer com que os pilotos não se sintam inferiores e incapazes de assumir um comando manual na aeronave quando ele julgar necessário, seja por uma informação conflitante ou por um simples instinto. Nos dias de hoje os sistemas de alerta da própria aeronave são mais transparentes, provendo informações para a manutenção da consciência situacional dos pilotos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve por objetivo geral analisar a importância que a automação exige sobre os seus operadores. Tendo o fator humano como principal função ligada diretamente ao gerenciamento da tecnologia, demonstra não ter conseguido acompanhar a evolução dos sistemas modernos para conseguir fazer um gerenciamento seguro.

O estudo demonstrou a evolução tecnológica da automação na aviação, mostrando os seus pontos fortes e fracos. Os pontos negativos mais aparentes são a dependência excessiva dos pilotos na automação e também algumas vezes a falta de conhecimento no mesmo, como foi o caso do *American Airlines 965*, onde os pilotos apagaram todos os *waypoints* que os guiariam com segurança até o aeroporto onde, por conta disso, eles tiveram que identificar a rota usando apenas instrumentos de bordo.

Hoje em dia os *cockpits* apresentam um alto nível de automação com o objetivo de elevar os níveis de segurança operacional e diminuir os custos de operação, porém isso também pode ter causado um excesso de dependência por parte dos pilotos na automação. Essa dependência pode causar acidentes e incidentes, dado que ela pode ter causado uma confiança bastante cega diminuindo a percepção do piloto, o qual pode acreditar que a tecnologia não pode apresentar nenhum tipo de falha ou erro.

Concluimos que com o passar dos anos, mesmo que com todo o desenvolvimento tecnológico na aviação que aconteceu no mundo não podemos deixar de voltar a atenção para o principal e mais importante componente presente na atividade aérea, que é o ser humano. É ele quem gerencia e monitora a automação e é ele quem vai agir dentro do *cockpit* caso a tecnologia venha a falhar, ele não pode se acomodar e confiar cegamente na automação achando que ela nunca vai errar, ele deve exercitar sua consciência situacional e treinar a pilotagem manual para lidar com falhas e situações de emergência, de forma a evitar acidentes e incidentes.

Com o constante treinamento e familiarização do piloto com os sistemas automáticos, cria-se um equilíbrio harmonioso que leva a voos seguros onde o fator humano se torna apto a ponto de compreender as suas limitações e as limitações da máquina, podendo assumir a operação caso os sistemas atinjam o seu limite máximo de resolução de problemas. A tecnologia veio para ajudar a reduzir a carga de trabalho dos pilotos, porém, é importante que se saiba utilizar a automação com consciência e evitar a dependência nela.

Evidencia-se a necessidade de se estabelecer no treinamento dos pilotos, manobras que foquem mais na capacitação do piloto em manobrar a aeronave de maneira manual, tanto pilotar manualmente quanto gerenciar o voo em caso de perda de sistemas, os quais muitas vezes podem deixar os pilotos “às cegas”. Conforme os casos aqui abordados, os pilotos não conseguiram gerenciar os problemas na cabine de maneira eficiente em situações de emergência e não rotineiras, pois como dito acima, ficaram “às cegas”, talvez pela falta de prática manual, pouco treinamento ou até mesmo falta de conhecimento do seu equipamento, fazendo com que eles não soubessem administrar os alarmes e advertências advindas dos sistemas automatizados da aeronave.

O presente trabalho considera muito importante que novas pesquisas no assunto se aprofundem mais, pois a formação de novos pilotos nesta era que vivemos hoje onde a automação está em toda parte deve ser constantemente estudada, e evoluir junto com as tecnologias que empregam as aeronaves. Este trabalho espera que os fundamentos de estudos aqui apresentados possam auxiliar novos trabalhos e também incentivar as companhias aéreas a investirem mais em treinamentos que busquem com que os pilotos aprendam a voar aeronaves de maneira manual, tão bem quanto gerenciar o voo automatizado.

REFERÊNCIAS

ABREU JÚNIOR, Célio Eugênio de. **Automação no cockpit das aeronaves: um precioso auxílio à operação aérea ou um fator de aumento da complexidade no ambiente profissional dos pilotos?** 2008. 3 v. Ação Ergonômica, 2022. Disponível em:

<https://www.revistaacaoergonomica.org/revista/index.php/ojs/article/view/80/69>. Acesso em: 05 mar. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **RBAC 121: requisitos operacionais: operações domésticas, de bandeira e suplementares**. Brasília, 2010. Disponível em: <http://pergamum.anac.gov.br/arquivos/RBAC121EMD00CONS2010NOV.PDF>.

Acesso em: 06 jul. 2022.

AIRBUS. **Commercial Aircraft Cockpits**. 2022. 1 f. Países Baixos, 2022. Disponível em: <https://www.airbus.com/en/products-services/commercial-aircraft/cockpits>. Acesso em: 13 jun. 2022.

AIRBUS. **Flight Operations Briefing Notes: Approach and Landing**. 2004. Disponível em: http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/safety_library_items/AirbusSafetyLib_-FLT_OPS-GEN-SEQ01.pdf. Acesso em: 13 jun. 2022.

Aircraft Owners And Pilots Association - AOPA. **Technologically Advanced Aircraft Safety and Training**. 2007. 36 f. Safety Center, 2022. Disponível em: <https://download.aopa.org/asf/TAA2007.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2022.

ANAC. **Qualificação de Dispositivos de Treinamento - Simuladores de Voo (FSTD)**. 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/assuntos/regulados/empresas-aereas/simuladores-de-voo-fstd>. Acesso em: 20 set. 2022.

ANDERSON, David; EBERHARDT, Scott. **Como os Aviões Voam: Uma descrição física do voo**. 2006. 9 f. Fermi National Accelerator Laboratory, Batavia - Boeing Company, Seattle, 2022. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num2/v13a08>. Acesso em: 25 ago. 2022.

ANTAS, Luiz Mendes. **Glossário de termos técnicos**. 1979. p. 756. São Paulo. Disponível em: https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_esp/tr830.htm. Acesso em: 16 set. 2022.

B3A. **Crash of an Airbus A330 in Fernando de Noronha: 228 killed**. Disponível em: <http://www.baaa-acro.com/2009/archives/crash-of-an-airbus-a330-in-fernando-de-noronha228-killed/>. Acesso em: 25 ago. 2022.

BALOG, R. C. **Whose automation philosophy is best?** Aerospace America. p. 32-35, jul./ago. 2015. Disponível em: <http://www.aerospaceamerica.org/Documents/Aerospace%20>

America%20PDFs%202015/July-August%202015/AA_JulAug2015_Feature3_BoeingVsAirbus.pdf>. Acesso em: 24 ago. 2022.

BAUER, Rosana Conceição; WEINER, Ricardo. **Estratégias cognitivas aplicadas à prevenção de acidentes aeronáuticos**. 2010. 2 v. R. Conex. Sipaer. Disponível em: <http://conexaosipaer.com.br/index.php/sipaer/article/view/71/92>. Acesso em: 20 set. 2022.

BHANA, H. **The journal of flight safety foundation**. 2010. 68 f. Disponível em: http://flightsafety.org/asw/jun10/asw_jun10.pdf. Acesso em: 06 mar. 2022.

BILLINGS, Charles E. **Aviation automation: the search for a human-centered approach**. 1997. 21 f. Mahwah, Nj: The Ohio State University/Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2022. Disponível em: <http://sunnyday.mit.edu/16.355/Billings.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2022.

BOEING. **Advanced Flight Deck**. 2022. 1 f. Arlington, Virgínia, Eua, 2022. Disponível em: <https://www.boeing.com/commercial/737max/by-design/#/advanced-flight-deck>. Acesso em: 24 ago. 2022.

BUREAU D'ENQUÊTES ET D'ANALYSES – BEA. **Final Report on the accident on 1st June 2009 to the Airbus A330-203 registered F-GZCP operated by Air France flight AF447 Rio de Janeiro – Paris**. julho 2012. Disponível em: <<https://www.bea.aero/docspa/2009/f-cp090601.en/pdf/f-cp090601.en.pdf>>. Acesso em: 12 jun. 2022.

CALADO, Sílvia dos Santos; FERREIRA, Sílvia Cristina dos Reis. **Análise de documentos: método de recolha e análise de dados**. 2005. 13 f. Disponível em: <https://docplayer.com.br/12123665-Analise-de-documentos-metodo-de-recolha-e-analise-de-dados.html>. Acesso em: 22 out. 2022.

CENIPA, **Relatório final TAM JJ3054**, 2010. Disponível em: http://sistema.cenipa.aer.mil.br/cenipa/paginas/relatorios/rf/pt/pr_mbk_17_07_2007pdf. Acesso em: 12 jun. 2022.

CERVO, Amado Luíz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia científica: para uso dos estudantes universitários**. 1983. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.

CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de pessoas**. 2010. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://18241978017913781293.googlegroups.com/attach/4B8r3B4p7yhRXuBW LqsQ546WR43cqQwrbXMDFnBi6vSJB EIF8tPW85a7r7DM961Jvk4hdryZoByEp8 GC8HzsqJpRN4FxGM9=1&vt=ANaJVrHXdO4pG1MImw70jmt0->

oW_web1gcannHDjz5w8GtUV6yvgrcF4eYHYiAf2jpyU1GORh1HVIH9kYgunR3xumBDkwXiCu7eqQCa3cxgD8TBJE6thwHY.
Acesso em: 20 set. 2022.

CONTO, Felipe de. **Child of magenta e o problema da automação em demasia.** 2022. 33 f. Palhoça, 2022. Disponível em:
<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/23360/1/felipe%20de%20conto%20pdfa.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2022.

COSTA, Lhais Neres. **Como a relação entre o piloto e os sistemas automáticos influencia a segurança de voo na aviação comercial.** 2020. 27 f. Goiás, 2022. Disponível em:
<https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/189/1/TCC%20-%20LHA%c3%8dS%20NERES%20COSTA%20-%202020.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2022.

EISMIN, T. K. **Aircraft Electricity & Electronics. Glencoe Aviation Technology Series.** 5. ed. New York: Glencoe/McGraw-Hill, 2002. Disponível em:
https://kupdf.net/download/aircraftelectricityampelectronicseismin_5988dcbcdc0d62f28300d1d_pdf. Acesso em: 16 set. 2022.

Federal Aviation Administration. **General Aviation Technically Advanced Aircraft: FAA Industry Safety Study.** 2003. 70 f. Disponível em:
https://www.faa.gov/training_testing/training/fits/research/media/taa%20final%20report.pdf.
Acesso em: 05 mar. 2022.

FERREIRA, Evandro. **Instrumentos.** 2015. 270 f. Florianópolis. Disponível em:
<https://aerotd.com.br/decoleseufuturo/wp-content/uploads/2015/05/INSTRUMENTOS-.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2022.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa.** 4ª. ed. São Paulo, Atlas, 2009.

International Civil Aviation Organization - NTSB. **DOC 9683: Human Factors Training Manual – Training issues in automation and advanced technology flight decks.** 1998. 302 f. Montreal, Canadá, 2022. p. 297-337.
Disponível em: <https://www.globalairtraining.com/resources/DOC-9683.pdf>.
Acesso em: 05 mar. 2022.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Human Factors Guidelines for Aircraft Maintenance Manual (Doc 9824).** Montreal, Canadá: ICAO, 2003. Disponível em:
http://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/support_documentation/icao_hf_guidelines_2003.pdf. Acesso em: 05 mar. 2022.

JUKES, M. **Aircraft display systems.** Virginia: AIAA, 2004. V. 204.

KANKI, B. G.; HELMREICH, R. L.; ANCA, J.. **Crew resource management**. 2010. 2nd Edn. Academic Press, San Diego. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=Xg2GDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=b.g+kanki+crew+resource+management+pdf&ots=N8ZsC4t8ph&sig=IUifz8sywwsulyAaheo2Ng7U#v=onepage&q=b.g%20kanki%20crew%20resour ce%20management%20pdf&f=false>. Acesso em: 20 set. 2022.

KIERZKOWSKI, Pawel. **O Airbus A330-200 F-GZCP**. 2007. Épias-Lès-Louvres, França, Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Voo_Air_France_447#/media/Ficheiro:PKIERZKOWSKI_070328_FGZCP_CDG.jpg. Acesso em: 30 set. 2022

LUDKE, Menga; ANDRÉ, Marli. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 1986. 6 f. São Paulo. Disponível em: <file:///B:/Docs/1971-Texto%20do%20artigo-1941-1-10-20190822.pdf>. Acesso em: 22 out. 2022.

MAKARISTOS. **N606AA-2008-09-13-YVR**. 2008. Vancouver International Airport (Yvr/Cyvr), Richmond, British Columbia, Canada. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:N606AA-2008-09-13-YVR.jpg>. Acesso em: 30 set. 2022

MARRAS, Jean Pierre. **Administração de Recursos Humanos do Operacional ao Estratégico**. 2009. 352 f. São Paulo. Disponível em: <https://www.indicalivros.com/livros/administracao-de-recursos-humanos-do-operacional-ao-estrategico-jean-pierre-marras>. Acesso em: 20 set. 2022.

MAAZ, Mohamed Anas. **How do Airbus & Boeing aircraft differ on a technical level?** 2022. Disponível em: <https://simpleflying.com/airbus-boeing-aircraft-technical-differences/>. Acesso em: 21 out. 2022.

METADADOS. **Treinamento e Desenvolvimento: o que é, etapas e diferenças**. 2022. Caxias do Sul, RS. Disponível em: <https://www.metadados.com.br/blog/treinamento-e-desenvolvimento>. Acesso em: 20 set. 2022.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa crítica**. 2005. 24 f. Porto Alegre. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>. Acesso em: 22 out. 2022.

National Transportation Safety Board - NTSB. **Aircraft Accident Report - Flight United Express 6291**. 1994. 127 f. Columbus, Ohio, 2022. Disponível em: <http://libraryonline.erau.edu/online-full-text/ntsb/aircraft-accident-reports/AAR94-07.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2022.

National Transportation Safety Board - NTSB. **Introduction of Glass Cockpit Avionics into Light Aircraft**. 2010. 91 f. Washington, D.C, 2022.

R. bras. Av. civil. ci. Aeron., Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 3-42, jan-mar. 2023.

Disponível em: <https://www.nts.gov/safety/safety-studies/Documents/SS1001.pdf>.
Acesso em: 01 mar. 2022.

PORTILHO, Frederico de Araújo; BUKZEM, Salmen Chaquip. **Os precedentes históricos da navegação aérea baseada em instrumentos: necessidade, surgimento e evolução.** 2015. 6 v. Aviation In Focus, Journal Of Aeronautical Sciences, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/291019918_Os_precedentes_historicos_da_navegacao_aerea_baseada_em_instrumentos_necessidade_surgimento_e_evolucao. Acesso em: 06 jul. 2022.

REGINATTO, Antonio Paulo. **Equipes campeãs: potencializando o desempenho de sua equipe.** 2004. Porto Alegre.

RODEGUERO, Miguel Angelo; BRANCO, Humberto. **Gerenciando o risco na aviação geral.** 2013. 134 f. São Paulo: Editora Bianch.
SANTI, S. **Fatores humanos como causas contribuintes para acidentes e incidentes aeronáuticos na aviação geral.** 2009. 85 f Brasília, 2009. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/1601>. Acesso em: 06 jul. 2022.

SILVA, Reginaldo Demartine da. **Até que ponto a automação contribui para a segurança de voo? Uma análise de acidentes aéreos relacionados com tecnologias de automação.** 2019. 46 f. Palhoça. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8231/1/Monografia%20-%20Reginaldo%20Demartine%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2022.

SMITH, H. P. Ruffell. **A Simulator Study of the Interaction of Pilot Workload "With Errors, Vigilance, and Decisions.** 1979. 57 f. Nasa Technical Memorandum 78482. Disponível em: <http://picma.info/sites/default/files/Documents/Background/NASA%201979%20sim%20study%20crew%20errors.pdf>. Acesso em: 20 set. 2022.

SOUZA NETO, Jorge Fausto de. **Para que serve o relatório de investigação de acidentes aeronáuticos?** 2020. 1 f. Departamento de Direito Administrativo e Especialista em Direito Aeroportuário de Martorelli Advogados, 2022. Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/para-que-serve-o-relatorio-de-investigacao-de-acidentes-aeronauticos_5994.html. Acesso em: 24 ago. 2022.

TARNOWSKI, Etienne. **Cockpit Automation Philosophy.** 2003. 12 f. Blagnac France. Disponível em: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA422301.pdf>. Acesso em: 25 maio 2022.

VON WEDELSTAEDT, Konstantin. **British Aerospace Jetstream 41 - United Express (Atlantic Coast Airlines).** 1999. Washington - Dulles International (Iad /

Kiad) Virginia, Usa. Disponível em: <https://www.airliners.net/photo/United-Express-Atlantic-Coast-Airlines/British-Aerospace-Jetstream-41/67681/L>. Acesso em: 30 set. 2022.

WALLPAPER SAFARI. **Boeing 737 Cockpit Wallpaper.**

Disponível em: <http://wallpapersafari.com/w/gDFIUf/>. Acesso em: 21 out. 2022.

WOODS, David D.; HOLLNAGEL, Erik. **Joint Cognitive Systems: Foundation of Cognitive Systems Engineering.** 2005. 240 f. Boca Raton, Fl, 2022.

ZUNZARREN, Matheus Henrique Alves. **O treinamento como chave para o gerenciamento da automação na cabine de comando e seu impacto na segurança operacional.** 2019. 46 f. Palhoça. Disponível em:

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8295/1/TCC%20-%20Matheus%20%20Zunzarren.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2022.

