

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

**COMO A RELAÇÃO ENTRE O PILOTO E OS SISTEMAS AUTOMÁTICOS
INFLUENCIA A SEGURANÇA DE VOO NA AVIAÇÃO COMERCIAL**

GOIÂNIA
2020

LHAÍS NERES COSTA

**COMO A RELAÇÃO ENTRE O PILOTO E OS SISTEMAS AUTOMÁTICOS
INFLUENCIA A SEGURANÇA DE VOO NA AVIAÇÃO COMERCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC – GO), como parte dos requisitos para obtenção de título de Bacharel em Ciências Aeronáuticas.
Professor Orientador: Me. Raul Francé Monteiro.

GOIÂNIA

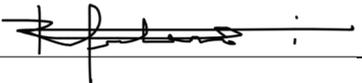
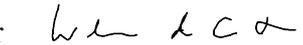
2020

LHAÍS NERES COSTA

**COMO A RELAÇÃO ENTRE O PILOTO E OS SISTEMAS AUTOMÁTICOS
INFLUENCIA A SEGURANÇA DE VOO NA AVIAÇÃO COMERCIAL**

GOIÂNIA-GO, 23/11/2020.

BANCA EXAMINADORA

Ms. Raul Francé Monteiro		CAER/PUC-GO	8,6
	Assinatura		Nota
Esp. William de Carvalho Xavier		CAER/PUC-GO	8,6
	Assinatura		Nota
Ms. Reinaldo Del Fiacco		IME	8,6
	Assinatura		Nota

Dedico este trabalho a Deus, meu maior amor, autor e consumidor da minha fé, dono dos meus dias, força que me rege e me capacita dia após dia. Quero aqui também honrar aos meus pais, Júnior e Aurilene, que me incentivaram e nunca mediram esforços para contribuir com a realização dos meus sonhos, sempre prontos com palavras de ânimo e braços de amor para me acolher e me impulsionar a crescer. Dedico também a minha querida e doce irmã, Cecília, que ressignificou a minha vida após sua chegada.

COMO A RELAÇÃO ENTRE O PILOTO E OS SISTEMAS AUTOMÁTICOS INFLUENCIA A SEGURANÇA DE VOO NA AVIAÇÃO COMERCIAL

Lhaís Neres Costa¹
Raul Francé Monteiro²

RESUMO

O tema deste artigo aborda os desafios enfrentados na relação entre o piloto e os sistemas automáticos da cabine de comando de uma aeronave, uma vez que a automação surgiu com o intuito de auxiliar o homem na realização de suas atividades. Na aviação, a automação propicia redução da carga de trabalho do piloto e aumento do nível de segurança das operações. A relação homem/máquina sofre influência de diversos fatores externos e internos que, por sua vez, podem acarretar consequências a segurança do voo. Tanto o elemento humano como a máquina apresentam limitações que, quando atingidas, são capazes de colocar a aeronave em condição insegura, motivo pelo qual se faz necessária a manutenção permanente dos sistemas e da habilidade humana de pilotagem. Por meio de uma pesquisa de natureza básica com objetivo exploratório, abordagem qualitativa, procedimentos bibliográficos, documentais e estudos de caso, objetiva-se demonstrar as deficiências relacionadas tanto ao elemento humano quanto à automação e, assim, avaliar de que forma tais descompassos podem interferir na segurança de uma operação. Propõe-se a familiarização do piloto com suas ferramentas de trabalho a fim de diminuir possíveis lacunas e, de efeito, compreender os sinais emitidos pela aeronave com vistas à capacidade decisória assertiva e coerente com cada situação. Os pilotos devem ser preparados em cursos teóricos e práticos destinados a incrementar suas habilidades técnicas e não técnicas, além do treinamento em simuladores, que permite a aquisição de experiência voltada para condições normais e anormais de voo. Ademais, as habilidades comportamentais do indivíduo serão um diferencial para a definição de sua capacidade de pilotagem. Nesse aspecto, os usos de ferramentas como o CRM e o *checklist* aperfeiçoam a relação do homem com a máquina. Recomenda-se a realização de treinamentos eficientes, bem como a proficiência em controles de voo e a busca incessante pela ampliação da capacidade humana, visto que a máquina está em constante evolução. Sugere-se que essa pesquisa seja continuada em função de a automação ser dinâmica e, conseqüentemente, demandar reparos para o estabelecimento de uma relação segura entre o uso de seus recursos e a habilidade humana de operá-los.

Palavras-chave: Automação; Treinamento; Elemento Humano; Padronização.

ABSTRACT

The theme of this article addresses the challenges faced in the relationship between the pilot and the automatic systems in the control cabin of an aircraft, since automation came about with the aim of assisting man in carrying out his activities. In aviation, automation provides a reduction in the pilot's workload and an increase in the safety level of operations. The man / machine relationship is influenced by several external and internal factors that, in turn, can have consequences for flight safety. Both the human element and the machine have limitations that, when reached, are able to place the aircraft in an unsafe condition, which is why it is

¹ Graduanda em Ciências Aeronáuticas. Endereço eletrônico: lhaisnc@hotmail.com

² Mestre em Psicologia e Especialista em Docência Universitária pela Universidade Católica de Goiás. Professor da Escola de Ciências Exatas e da Computação da Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Piloto de Linha Aérea – Avião, EC-PREV pelo CENIPA e credenciada SGSO pela ANAC. Endereço eletrônico: cmerfrance@hotmail.com

necessary to permanently maintain the systems and the human piloting ability. Through a basic research with an exploratory objective, qualitative approach, bibliographic, documentary procedures and case studies, the objective is to demonstrate the deficiencies related to both the human element and automation and, thus, to evaluate how such mismatches can interfere in the safety of an operation. It is proposed to familiarize the pilot with his work tools in order to reduce possible gaps and, in effect, to understand the signals emitted by the aircraft with a view to assertive and coherent decision-making capacity with each situation. Pilots must be prepared in theoretical and practical courses designed to increase their technical and non-technical skills, in addition to training in simulators, which allows the acquisition of experience aimed at normal and abnormal flight conditions. In addition, the individual's behavioral skills will be a differential for the definition of his piloting ability. In this respect, the use of tools such as CRM and the checklist improve the relationship between man and machine. Efficient training is recommended, as well as proficiency in flight controls and the relentless pursuit of expanding human capacity, since the machine is constantly evolving. It is suggested that this research be continued due to the fact that automation is dynamic and, consequently, requires repairs to establish a safe relationship between the use of its resources and the human ability to operate them.

Keywords: Automation; Training; Human Element; Standardization.

INTRODUÇÃO

O trabalho de um piloto dentro da cabine de comandos de uma aeronave é complexo e exige habilidades diversas. Desde o planejamento do voo até o fim da operação, o piloto desempenha múltiplas tarefas, além de gerenciar equipes, recursos humanos, recursos materiais e a automação, o que acabam por requerer do piloto o emprego de energia física e, principalmente, cognitiva.

Certos de que a automação tem por objetivo principal auxiliar o homem na realização de suas tarefas no *cockpit* e, assim, diminuir a ocorrência de erros, mas sabendo, por outra parte, que ambos estão sujeitos a falhas, será analisado neste estudo o comportamento desses componentes – homem e automação – em situações adversas e como possíveis problemas podem ser contornados (ABREU JÚNIOR, 2008).

Para o desenvolvimento do tema, será abordada, inicialmente, a evolução da automação e de que forma esta contribui com o homem, de modo particular, na aviação comercial. Em seguida, são apresentados argumentos acerca das deficiências dos sistemas automáticos (MANCUSO, 2017). Além disso, será exposta a participação do fator humano em acidentes aéreos e algumas dificuldades de adaptação do piloto com os sistemas automáticos. Ilustra-se essa temática por meio de estudo de caso do acidente ocorrido com o voo do AF 447 (Rio de Janeiro – Paris) por falha humana, em decorrência de os pilotos não conseguirem compreender os alertas emitidos pelos sistemas disponíveis na aeronave. Tratar-

se-á ainda sobre a confiabilidade dos pilotos na automação e até que ponto tal condição é segura.

Sabe-se que quando a relação homem/máquina se dá de forma harmônica, a operação ocorre de forma segura. Em outros termos, o equilíbrio entre o desempenho das tarefas do piloto e da máquina, sob supervisão daquele, resultará na realização de um voo eficiente e seguro, uma vez que ambos contribuem para a operação. Logo, serão apresentadas na pesquisa as ferramentas que objetivam aumentar o nível de afinidade dessa relação do homem com a máquina em busca dos resultados almejados. Conta-se, para tanto, com uso de elementos qualificadores para a atuação eficiente do piloto na cabine, como treinamento contínuo, controles do fator humano, formação técnica adequada nos sistemas automáticos, bem como o desenvolvimento de suas habilidades (RIBEIRO, 2008). Será destacado, ainda, o uso de ferramentas como Gerenciamento dos Recursos de Cabine e o *checklist* – que, em conjunto com os elementos mencionados mitigam a ocorrência de erros. Ao fim, será exposto um método emergente de formação que visa qualificar, com excelência e especificidade, o piloto de linha aérea. Além do mais, serão apontadas evidências de que a presença do piloto na cabine pode ser um elemento de reforço indispensável à segurança.

1 A AUTOMAÇÃO E O HOMEM

1.1 A EVOLUÇÃO DA AUTOMAÇÃO

No início da aviação, inúmeras foram as dificuldades enfrentadas pelos seus pioneiros, que desbravaram conhecimentos e expandiram os horizontes dessa então nova máquina. Foram anos de grandes experiências e, com o passar do tempo, de significativos avanços tecnológicos. A contínua evolução da tecnologia na aviação para satisfazer as exigências de mercado de vencer distâncias em tempo mínimo e a baixo custo precisou sofrer adaptações no decorrer dos anos, assim como o aprimoramento dos profissionais que iriam operar as aeronaves (FAY, 2011).

A atividade aérea teve um crescimento exponencial em um tempo relativamente curto, com evoluções relevantes na navegação e na meteorologia. A aeronave assume, então, o papel de integradora de regiões, reduzindo distâncias de maneira segura e eficiente. No entanto, havia o desejo de diminuir a carga de trabalho das tripulações e, assim, o surgimento de equipamentos de auxílio à navegação aérea possibilitou ao homem a não dependência do uso de processos unicamente visuais para sua orientação (PORTILHO; BUKZEM, 2015).

Com a chegada da automação, o homem conseguiu desenvolver técnicas e equipamentos que contribuíssem para a realização de seu trabalho e a obtenção de melhores condições de vida. Isso porque o conjunto de pacotes de automação tem a capacidade de integrar diferentes processos e gerenciar tarefas e logo evoluiu para um conjunto de técnicas destinadas a tornar automáticos os processos que outrora foram manuais. Por meio da automação, a especialização e o gerenciamento do processo pôde ser centralizado, permitindo, ainda, que as diversas etapas de um processo (operação) sejam vistas de um único local e suas variáveis armazenadas em um único banco de dados, de modo a facilitar a análise desses dados e a emissão de relatórios precisos e, conseqüentemente, descomplicar a verificação de possíveis erros (LIMA, 2003).

1.2 A AUTOMAÇÃO FRENTE AO CENÁRIO DA AVIAÇÃO COMERCIAL

Segundo Billings (1997), o significado de automação pode ser descrito como “sistema ou método no qual uma ou mais tarefas são realizadas e/ou controladas automaticamente por máquinas ou dispositivos eletrônicos autônomos.” A chegada da automação na aviação comercial modificou por completo a rotina de trabalho dos pilotos. Atualmente, os aviadores raramente necessitam utilizar suas habilidades motofísicas nas operações, devido à tecnologia embarcada nas aeronaves, reduzindo a sua carga de trabalho. Logo, sua atuação foi ressignificada para a tarefa de um gerenciador de sistemas, processador de informações e detentor de autorizações que, em seguida, transfere todas as informações obtidas para o sistema automático de voo que se encarregará da efetivação das ações programadas (ABREU JÚNIOR, 2008).

A automação se justifica em virtude, em especial, dos benefícios relacionados à segurança nas operações e à economia para o setor (HENRIQSON; CARIM; GAMERMANN, 2011). Tais condições permitem analisar quatro estágios relativos à utilização da tecnologia. O controle manual é o primeiro estágio e está relacionado à atuação direta do piloto nos controles da aeronave; no segundo tem-se o controle supervisionado e vê-se a diminuição da interação do homem no processo, como ocorre, por exemplo, com o uso do piloto automático; no terceiro estágio o piloto passa a atuar sobre os controles de voo; e, por fim, no quarto estágio, percebe-se o domínio da operação pela automação e o piloto com sua possibilidade de intervenção reduzida (RONDON; CAPANEMA; FONTES, 2014, p. 55).

Existem experimentos na aviação que visam a retirada do piloto da cabine de comandos, fazendo com que ela seja comandada de forma completamente automática por

meio de tecnologias como a Inteligência Artificial (IA). Tal tecnologia objetiva contribuir com a tomada de decisão nas aeronaves em situações de perigo. Embora alguns pesquisadores duvidem da habilidade da máquina em atingir o nível de capacidade da mente humana, diversos estudos apontam para a tomada do controle total por ela, em que funções outrora desempenhadas pelo homem passarão a ser cumpridas por máquinas.

A inserção de novas tecnologias a bordo da aeronave, entretanto, requer treinamentos que proporcionem ao piloto conhecimento dos sistemas que irá operar e, mais que isso, a familiarização com os mesmos mediante o uso de simuladores, com vistas a atingir o equilíbrio máximo na relação homem/máquina/meio (LACERDA; LOPES, 2006).

Nesse aspecto, a atividade aérea conta com o auxílio do *Automatic Flight System* (AFS), que tem por objetivo principal prover assistência aos pilotos durante todo o voo, podendo liberar o piloto em comando de algumas tarefas rotineiras, proporcionando mais tempo e oportunidade de uma melhor utilização dos recursos disponíveis para a gerência do voo e permitindo o aguçamento do alerta situacional que aprimora o processo decisório do piloto. Ademais, auxilia na busca pelo equilíbrio da operação da aeronave, especialmente no que concerne à atitude e à trajetória de voo, sem perder a capacidade de operar manualmente o avião. “A informática antiga versava sobre aquilo que os computadores podiam fazer; a nova informática versa sobre aquilo que os usuários podem fazer.” (SHNEIDERMAN, 2001).

Cumprir assinalar que dentro da IA tem-se a vertente da simulação cognitiva, que basicamente analisa a capacidade da máquina em imitar a mente e objetiva simular processos mentais que atuam no pensamento e na ação humana. Através da Teoria de Resolução de Problemas, Newell e Simon desenvolveram, em 1961, um programa para simular aspectos inteligentes. A ideia era entender o conceito utilizado pela mente humana para resolver um dado problema e a forma como a máquina resolveria o mesmo problema (TEIXEIRA; GONZALES, 1983).

Os autores ainda relatam que as experiências de Newell e Simon mostraram, inicialmente, que, diante de um problema, os indivíduos, de um modo geral, utilizam estratégias similares para saná-lo. Em seguida, essas estratégias utilizadas nas respostas dadas pelos indivíduos, bem como outras hipóteses formuladas pelos pesquisadores, foram incorporadas no desenvolvimento de programas para simular aspectos do comportamento inteligente. Após processar o programa no computador digital, foram comparados os relatos dos indivíduos com o roteiro fornecido pela máquina a fim de se torná-los solucionadores de problemas eficientes.

Embora os resultados obtidos através dos experimentos sejam suficientes para confirmar a hipótese de que as estratégias utilizadas pelo computador e pelo homem para atingir uma meta são as mesmas, os autores admitem que tal estudo trata-se apenas de uma parte inicial de uma pesquisa que ainda precisa ser desenvolvida.

Logo, a questão principal a se discutir é a capacidade que uma máquina tem de pensar como o homem em situações extremas. Nesse passo, a presença do piloto na cabine, mesmo que com uma carga inferior de trabalho, impede disfunções operacionais da automação em situações em que esta não dispõe do racionalismo humano para interpretar e, assim, evitar danos maiores (TEIXEIRA; GONZALES, 1983).

1.3 DEFICIÊNCIAS DOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS

Os benefícios trazidos pela automação são inegáveis, sendo o seu principal objetivo, frisa-se, elevar o nível de segurança das operações. Entretanto, a implementação de sistemas automáticos a bordo das aeronaves leva o piloto a “superconfiar” na automação levando-o, conseqüentemente, à complacência, à perda de habilidade e à redução de consciência situacional (WISE, 2010). A superconfiança do piloto, por certo, o incita a diminuir a sua relação com a operação e, então, caso o sistema apresente alguma falha, mesmo que isso seja um evento raro, o operador humano pode não estar preparado para assumir o controle do sistema por conta do longo período em que passa pouco concentrado na cabine. Em uma situação concreta como esta, a segurança do voo poderá estar em risco (MANCUSO, 2017).

[...] Se os pilotos utilizarem muito a automação, ou, por outro lado, se somente mantiverem as habilidades manuais, estes dois cenários antagônicos podem gerar problemas de pilotagem em duas situações distintas: falha dos sistemas automatizados ou ocasiões em que é mais apropriado voar manualmente. Portanto, o treinamento deverá capacitar os pilotos a voar em situações adversas, utilizando tanto o automatismo como atuando manualmente nos controles da aeronave, estando apto a conduzir o voo de maneira segura. Pilotos que confiam excessivamente em seus computadores tendem a tornar-se mais complacentes em suas atitudes e reações. Quando algo anormal acontece, não estando em um estado de alerta situacional adequado para lidar com a situação rapidamente, pode relaxar no seu estado de vigilância (RIBEIRO, 2008).

Com isso, a manutenção equilibrada da relação entre o homem e a máquina é de extrema valia, visto que as tecnologias, mesmo que de última geração, podem apresentar falhas e, caso aconteça, os pilotos precisam estar preparados para corresponder à situação da forma mais segura e eficiente possível, pois a intervenção do fator humano pode salvar a operação (GROSSI, 2017). Em verdade, o excesso de automação nas cabines de comando tem

de fato afetado a capacidade humana de tomada de decisão, porquanto o piloto é levado a confiar integralmente no sistema, negligenciando a operação por ter a realização de suas tarefas substituídas pela máquina (SILVA, 2019).

Vale lembrar, por oportuno, que um acidente aéreo dificilmente será provocado pela ocorrência de um fato isolado. Billings (1997) revela que cerca de 65% a 80% dos acidentes e/ou incidentes registrados são em parte ou totalmente ocasionados por erros humanos. Isso porque a tripulação, diante de aeronaves carregadas de sistemas automáticos complexos, não tem, por vezes, o conhecimento total acerca de todas as possíveis falhas que os sistemas possam apresentar. Dessa forma, embora a automação ocupe um lugar de prestígio, há a necessidade da presença do recurso humano na cabine, devidamente preparado e treinado, pois é ele quem tomará as decisões relacionadas às funções do avião. Dito de outro modo, assim como a máquina evoluiu ao longo do tempo, também é necessário que o homem passe por um processo de aprimoramento de suas capacidades cognitivas (MONTEIRO, 2007).

A *International Civil Aviation Organization* (ICAO) assinala que o homem é “a parte mais flexível, adaptável e valiosa dentro do sistema aeronáutico, mas é também a que está mais vulnerável às influências externas que poderão vir a afetar negativamente o seu desempenho.” (ICAO, 2003). Logo, falhas em uma operação podem sobrevir de ações ou inações humanas. A partir disso, o *Crew Resource Management* (CRM), foi introduzido nas companhias aéreas, aplicando-se diretamente às tripulações, com o objetivo de elevar o nível de segurança das operações, por meio do gerenciamento das funções na cabine, aguçando a consciência situacional, além de premeditar comportamentos adequados frente a situações adversas (GOMES, 2019).

1.4 ESTUDO DE CASO DO ACIDENTE COM O VOO AF 447

O Airbus A330 decolou do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro Antônio Carlos Jobim, no dia 31 de maio de 2009, às 19:29, com destino a Paris, França. O voo deveria ter uma duração de 10 horas e 34 minutos. Havia a bordo da aeronave 216 passageiros, 9 comissários de bordo e 3 pilotos. O comandante (PNF³) responsável pelo voo, Marc Dubois, possuía uma vasta experiência com mais de 11 mil horas de voo, e o seu copiloto (PF⁴), Pierre Cédric Bonin, tinha cerca de três mil horas, sendo que, dessas três mil horas, a grande maioria fora computada enquanto o piloto automático estava acionado, logo, o copiloto possuía pouca

³ *Pilot not flying* – piloto que não está pilotando a aeronave, mas, está assessorando o PF.

⁴ *Pilot flying* – piloto que está pilotando a aeronave.

experiência em pilotar a aeronave manualmente. No entanto, naquela ocasião, Bonin era o encarregado da operação da aeronave. Assim, foi realizada uma decolagem normal e, quatro minutos após deixar o solo, o sistema de piloto automático foi acionado e deveria permanecer assim até momentos antes do pouso em Paris (BEA, 2012).

Algumas horas mais tarde, voando em cruzeiro, no FL 350, sobre o Oceano Atlântico, a tripulação foi surpreendida por uma formação pesada que propiciou o acúmulo de gelo no tubo de pitot da aeronave. Em decorrência disso, a aeronave perdeu as referências de velocidade; ademais, havia turbulência e nenhuma referência visual. Diante desse cenário, o piloto automático se desconectou, fazendo com que o copiloto Bonin se visse na necessidade de assumir o voo de forma manual, mas a altitude e as condições adversas de tempo dificultaram essa ação. Ele colocou a aeronave em atitudes extremas na tentativa de controlá-la, levando a uma instabilidade que culminou em um estol seguido da queda da aeronave na madrugada do dia 1º de junho de 2009 (LARANJEIRA, 2019). O gerenciamento de cabine foi comprometido em consequência da dificuldade de se identificar ao certo o que estava ocorrendo, o que fez com que o tripulante em operação concluísse que a decisão correta seria manter a atitude de subida. Por vezes, foram emitidos alarmes de *stall*, mas o piloto não conseguiu identificar a causa.

[...] O avião entrou em *stall*, o que foi avisado pelo aviso sonoro e uma vibração muito forte da estrutura (Buffet). Apesar destes sintomas clássicos, nenhum dos tripulantes percebeu o que estava acontecendo, não aplicando a manobra de recuperação. A combinação da ergonomia do design dos avisos de emergência, as condições nas quais pilotos de linha aérea são treinados e expostos a *stalls* durante o treinamento profissional e o processo de treinamento regular não gera nenhum comportamento aceitável nesta situação (PILATI, 2012).

A autoridade francesa de investigação de acidentes da aviação civil (BEA) concluiu que o acidente em questão foi resultado de uma série de eventos, podendo ser assim sintetizados: a desconexão do piloto automático em razão da inconsistência das indicações de velocidade; os comandos inapropriados sobre os controles de voo; a falta de discernimento da tripulação sobre a perda de indicação de velocidade e o procedimento previsto; o tardamento em reconhecer o desvio da trajetória pelo PNF e a correção equivocada aplicada pelo PF, que colocou a aeronave em atitude de subida, até atingir o estol e perder sustentação; dificuldade da tripulação em identificar um estol seguido do retardo de respostas imediatas sobre o desvio do envelope previsto, coincidindo com a não execução de comandos capazes de recuperar a condição segura do voo (BEA, 2012).

A aeronave em questão é uma das mais sofisticadas atualmente, contando com um elevado nível de automação e tecnologias diversas que auxiliam na realização do voo de forma segura, prática e eficiente. No entanto, por mais completo, seguro e inovador que seja um sistema, ele pode, em algum momento, apresentar falhas e, quando isso ocorre, a tripulação deve assumir a operação, sabendo identificar o que tais falhas representam e contornar a situação, com vistas a manter a segurança. Significa dizer que os sistemas na cabine podem trabalhar por conta própria, mas isso não exime a responsabilidade do piloto em compreender o funcionamento normal do avião e o seu comportamento quando em disfunções operacionais dos sistemas automáticos (PILATI, 2012).

1.5 A CONFIABILIDADE DOS PILOTOS NOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS

Sabe-se que a automação foi inserida na aviação com o propósito de auxiliar o piloto em suas funções, elevando o nível de segurança das operações de forma a minimizar a ocorrência do erro humano, mas, para que haja êxito, a relação entre o homem e a máquina será um fator determinante. A partir dos instrumentos de voo, o piloto fica atento às notificações disponibilizadas pela máquina a fim de identificar alguma anormalidade. Caso o sistema não identifique situações anormais, não irá emitir qualquer aviso, por mais que algo de errado esteja acontecendo. Em uma situação como essa, a tripulação pode expor a aeronave a uma condição de perigo, visto que não detém informações suficientes para agir com precisão e retomar a consciência situacional da operação (NARCIZO, 2015).

É certo que os sistemas automáticos foram desenvolvidos e apresentados ao piloto como sendo uma máquina confiável e segura, entretanto, tal fato gerou uma relação de confiabilidade irrestrita na automação que parte do pressuposto de que dificilmente tais sistemas possam vir apresentar falhas ou, de alguma forma, não corresponder ao comportamento esperado. Isso pode ser evidenciado no exemplo do acidente ocorrido com o voo AF447 descrito, cuja aeronave era composta por complexos pacotes de automação, mas, em um dado momento, não foi capaz de continuar comandando o voo; de efeito, devolveu o controle ao piloto que, por sua vez, não compreendeu a situação da aeronave, adotando atitudes em desacordo com os fatos.

Isso pode ocorrer quando as habilidades de pilotagem dos tripulantes são desgastadas quando este não tem contato direto frequente com o controle da máquina. Destarte, quando necessária a intervenção da tripulação na operação, a segurança pode estar em risco, visto que a tripulação por vezes não está suficientemente preparada para tanto (NARCIZO, 2015).

Monteiro (2007) realizou um estudo sobre a representação das novas tecnologias de cabine, em que aplicou um questionário para pilotos divididos em três grupos distintos, classificados como G-1, G-2 e G-3, conforme a experiência (tempo de atuação) que possuíam como piloto de linha aérea. O questionário continha questões que abordavam a representação social dos pilotos, a sua percepção relacionada às cabines *glasscockpit*, o comportamento considerado apropriado pelas empresas aéreas e finalmente uma questão aberta que abordava as novidades recorrentes no meio aéreo. A aplicação do estudo durou nove meses e reuniu respostas de 216 dos 800 questionários distribuídos nas cidades de Rio de Janeiro, São Paulo, Brasília e Goiânia. As respostas foram cedidas por profissionais das principais empresas aéreas brasileiras.

No quesito da inserção de novas tecnologias na cabine, os resultados mostraram que os pilotos pertencentes ao grupo G-1 – grupo composto por aeronautas jovens e com cerca de 10 anos ou menos de experiência – confiam firmemente e quase que exclusivamente na tecnologia embarcada nas aeronaves, ressaltando ainda a palavra “segurança” como principal atributo da implantação da automação à atividade aérea. Já para o grupo G-3 – composto por pilotos mais velhos e que possuem 20 anos ou mais de experiência – divergindo do G-1, não consideram as novas tecnologias como o principal referencial de segurança, levando a compreensão de que a segurança do voo também depende de outros elementos.

O estudo sugere que os pilotos jovens acreditam que a tecnologia desempenha o papel central de segurança no voo. Contudo, o pesquisador afirma que essa responsabilidade não deve ser atribuída unicamente à tecnologia, uma vez que o encargo de transportar os passageiros em segurança é um dever do piloto; portanto, em uma situação na qual a máquina atinja o limite de sua capacidade, o piloto será o responsável pela operação (MONTEIRO, 2007).

2 O ALCANCE DO EQUILÍBRIO NA RELAÇÃO HOMEM/MÁQUINA

2.1 ELEMENTOS QUALIFICADORES PARA ATUAÇÃO DO PILOTO NA CABINE DE COMANDOS

A profissão do piloto envolve diversos fatores complexos e determinantes para o sucesso da atividade aérea, fazendo-se necessário o equilíbrio entre aspectos cognitivos, fatores humanos e a interface homem/máquina. Pretende-se expor nesta seção os meios para se chegar à harmonia entre esses componentes.

A vasta gama de elementos a serem observados inclui o CRM, elemento contribuinte para infalibilidade das operações; o fator humano e suas variáveis que podem influenciar na segurança; a formação de pilotos e a capacitação que deles se espera a partir disso; e as habilidades técnicas e comportamentais (*hard skills* e *soft skills*) do indivíduo. A análise inclui a descrição de um incidente grave, no qual a presença do piloto na cabine de comando garantiu a segurança das pessoas a bordo e foi capaz de reverter a situação de perigo. Expõe-se, ainda, um novo método emergente que visa a melhoria da capacitação de pilotos para que estes assumam o controle de aeronaves com a melhor qualificação possível (ALMEIDA, 2001).

O CRM é uma ferramenta surgida na década de 1970 após a ocorrência de diversos acidentes aéreos, a partir dos quais se avaliaram deficiências no relacionamento entre os tripulantes técnicos no ambiente do *cockpit*. Foram identificados problemas como: dificuldade de tomada de decisão, falhas de comunicação, liderança inapropriada e gerenciamento confuso em virtude das diversas funções a serem desempenhadas. Essas evidências propiciaram um consenso entre as autoridades aeronáuticas e a indústria de que o gerenciamento dos recursos disponíveis na cabine deveria receber uma atenção maior, visto que tal fator influenciaria diretamente a segurança do voo.

A partir disso, a ferramenta ganhou espaço nas empresas aéreas com o intuito de preparar a tripulação para executar padrões operacionais em todas as fases do voo mediante o gerenciamento de ameaças e erros. A principal função desse modelo é avaliar atitudes e comportamentos que podem interferir na segurança e, assim, sugerir um novo método que seja comum a todos e que facilite a operação (COMAER, 2004).

O CRM na aviação consiste, portanto, em um treinamento aplicado às tripulações de companhias aéreas, unindo a teoria e a prática a fim de produzir conhecimento acerca da padronização do voo. Este treinamento é realizado em grupo por meio de processos que auxiliem o indivíduo no desenvolvimento de habilidades e comportamentos específicos acerca de seu trabalho. Sua aplicação depende dos seguintes fatores: deve ser utilizado cotidianamente, independentemente do tipo de voo; a tripulação deve colocar em prática os conhecimentos teóricos adquiridos e, para tanto, são realizadas avaliações periódicas que aprovam ou não o seu desempenho; e, por fim, é necessária a coordenação da comunicação na cabine entre os pilotos através de recursos como *callouts*⁵, *briefings*⁶ e a fraseologia padrão. O

⁵ *Callouts*: todas as expressões padronizadas que devem ser pronunciadas em voz alta e clara de um piloto para o outro (ou para si próprio, caso esteja voando sozinho), que durante a operação façam com que o outro saiba sobre algo que se espera ocorrer ou que deveria ter ocorrido.

uso desse padrão operacional possibilita ao piloto uma excelente utilização dos recursos disponíveis entre equipamentos, pessoas e procedimentos, com o fim de viabilizar a eficiência da operação (RODEGUERO; BRANCO, 2013).

Por outro lado, o fator humano (FH) envolve os aspectos cognitivos fisiológicos e psicológicos do indivíduo. No âmbito fisiológico, o homem pode se sentir mal caso seja exposto a condições que não as indicadas para o funcionamento normal do seu organismo. Isso pode acontecer com aviadores que são diariamente expostos a elevadas altitudes, onde o ar é rarefeito e tem menor concentração de oxigênio, além da baixa temperatura. Em consequência, há uma pré-disposição para ocorrência de eventos como: desorientação espacial, ilusões visuais, sono, fadiga, dissincronose do ritmo circadiano, hipóxia, além de uso de álcool, fumo e medicamentos. Estes eventos ocorrerão em menor escala quanto maior for a vivência do indivíduo com as condições adversas ao seu habitat natural, tornando menores os eventos que afetem sua capacidade fisiológica. Para que o piloto desenvolva sua capacidade de resiliência fisiológica em meio a condições adversas da aviação, sugere-se a familiarização com o ambiente da cabine via treinamentos que proporcionem as sensações do voo aos tripulantes (SANTI, 2009).

Em relação ao aspecto psicológico, pode-se dizer que muitas vezes as falhas operacionais são influenciadas por fatores do desempenho psicológico humano. O indivíduo está sujeito a desequilíbrios mentais de forma endógena (gerado por fatores desconhecidos e não compreendidos) ou racional (gerado por fatores externos e particulares, como problemas familiares). Acrescenta-se, nesse contexto, o estresse que pode estar associado a outros eventos da vida, e não somente ao contexto da aviação, além da angústia e ansiedade, que podem ter causas diversas. Essas situações são individuais e, diferentemente dos aspectos fisiológicos, são difíceis de ser identificadas de forma aparente e imediata. À vista disso, recomenda-se a realização de avaliações periódicas que verifiquem os limites do homem dentro da atividade aérea, tornando dinâmica a relação entre ele e a máquina de modo a compreender e respeitar suas fraquezas (SANTI, 2009).

Novello (2017) complementa o debate defendendo que o CRM auxilia no gerenciamento do fator humano, uma vez que é utilizado como ferramenta para compreender e interpretar o comportamento do profissional em grupo. Utiliza-se o processo de aprendizagem vivencial que se dá a partir da análise de comportamentos passados do

⁶ *Briefings*: verbalização dos procedimentos a serem executados durante uma missão que tenham sido planejados *a priori*, e o que se espera da atuação e participação de cada um.

indivíduo, fazendo com que este adquira uma compreensão acerca dos fatos e, caso uma situação parecida se repita no futuro, venha a responder com atitudes diferentes.

Acrescenta-se que o gerenciamento dos recursos de cabine objetiva aperfeiçoar o processo decisório dentro do *cockpit*, concentrando-se no comportamento dos tripulantes e nas atividades por eles desempenhadas, verificando o modo como tais fatores interferem na segurança operacional. Esse processo de treinamento e aplicabilidade enfatiza o conhecimento acerca do FH e suas limitações, sendo que, utilizados de forma apropriada, podem evitar a ocorrência de acidentes e incidentes que tenham como causa – principal ou acessória – o erro humano.

2.2 A FORMAÇÃO DO PILOTO E O DESENVOLVIMENTO DE SUAS HABILIDADES TÉCNICAS E COMPORTAMENTAIS

A profissão do piloto está associada a diversos fatores complexos considerados importantes para validar a aptidão do indivíduo em desenvolver a função de condutor e responsável legal de uma aeronave. Para tornar-se um profissional na área, o interessado deverá passar por uma série de qualificações que visam garantir a padronização e segurança das operações, para, então, obter a certificação necessária para o exercício da profissão. A seleção de pilotos acontece conforme critérios nos quais se acredita encontrar o perfil de profissional ideal. Segundo Ribeiro (2008), o piloto de uma aeronave deve ter, no geral, uma comunicação harmônica com as pessoas a sua volta, com os órgãos de controle de tráfego aéreo e com sua tripulação, sendo este último um dos fatores mais relevantes para a segurança de voo. Acrescente-se que o piloto é como um cartão de visitas que deve transmitir uma imagem agradável e positiva de sua empresa para os passageiros.

Pode-se afirmar que o modo de treinamento dos aviadores evoluiu com os avanços tecnológicos, mas não no mesmo passo, uma vez que eles não vêm atendendo com eficiência o propósito a que se destinam, considerando as inúmeras estatísticas que apontam o erro humano como fator principal ou contribuinte para incidentes e acidentes. Com efeito, estudos da ICAO (2007) indicam que, até a data do levantamento, as metodologias de ensino e os conhecimentos relacionados à automação estavam com 40 anos de atraso (ICAO, 2007).

O entendimento de que saber lidar com a automação visa contribuir com a qualidade das operações é inquestionável. Assim, Logo, é imprescindível a promoção, no âmbito dos treinamentos, do equilíbrio entre o uso da automação e as habilidades do piloto, para que não haja um descompasso na operação em caso de falha, como exaustivamente mencionado..

Assim sendo, o treinamento do piloto deverá prepará-lo para manter o controle da aeronave em situações adversas, desenvolvendo conhecimentos técnicos e não técnicos e, por conseguinte, domínio sobre as filosofias de segurança e controles de voo, tanto no sistema automático como no manual. Algumas companhias aéreas exigem que os pilotos conduzam o voo de forma manual por um período determinado a fim de manter suas habilidades manuais preservadas (RIBEIRO, 2008).

No Brasil, a formação de pilotos se dá pelo método de competências que permite a construção de um currículo flexível, evidenciando os arranjos de conhecimento do indivíduo e suas habilidades, além de sua capacidade de processar informações e realizar atividades. Logo, a competência do piloto pode ser definida como a capacidade que ele possui de reunir conhecimentos técnicos e comportamentais e utilizá-los na operação de sua aeronave, na forma e comportamentos esperados para a construção de um voo seguro.

Assim, os avanços tecnológicos das aeronaves incentivam o homem a também avançar, o que tem levado os candidatos a pilotos e, até mesmo pilotos já em atividade, a optarem pela formação universitária a fim de aprimorar seus conhecimentos e estar cada dia mais preparado para o relacionamento com uma máquina complexa e alto índice de automação. A formação baseada em competência permite uma valorização dos saberes do indivíduo, não limitados somente aos fatores técnicos, proporcionando o desenvolvimento individual e coletivo para o trabalho em equipe, somado à autonomia de planejamento e controle de uma operação (FONTES; FAY, 2015).

Segundo a IATA (2011), espera-se que, ao longo de sua formação, o piloto assimile e desenvolva competências próprias da sua profissão, como, reforça-se: comunicação; consciência situacional; capacidade de liderança; trabalho em equipe; gerenciamento da carga de trabalho; resolução de problemas e tomada de decisão; transferência de conhecimento; aplicação correta de procedimentos; gerenciamento de voo automatizado e controle manual da aeronave. Essas competências descrevem o comportamento e as qualidades ideais para que um aviador consiga executar suas tarefas de maneira segura.

Essas habilidades podem ser desenvolvidas por meio do uso de simulações com procedimentos reais mediante programas de computador e simuladores de voo, quando os alunos pilotos poderão ter contato com a realidade da aviação e, desse modo, qualificarem-se com um processo de formato relativamente rápido, compacto e de qualidade, mantendo a frequência no treinamento e sendo constantemente avaliados e instruídos por seu tutor durante o período de treinamento: é o caso do *Multi-Crew Pilot License* (MPL).

2.2.1 Novo método de formação de pilotos MPL

Piloto de Tripulação Múltipla (MPL) é uma licença criada com o intuito de melhorar o treinamento tradicional de forma a utilizar a tecnologia e novas metodologias de ensino em favor disso. Essa licença foi inserida no Anexo 1 da ICAO em 2006, mas muitos países⁷, companhias aéreas e escolas ainda não aderiram ao novo método. A MPL objetiva fornecer ao piloto a habilitação para conduzir uma aeronave comercial com níveis elevados de eficiência e segurança em um curto período de tempo.

Essa formação qualifica, com 240 horas de voo e diversos cursos teóricos voltados para habilidades técnicas e comportamentais, o profissional para voar como piloto de linha aérea, sendo esse número muito abaixo em relação ao mínimo exigido atualmente para a função por algumas companhias aéreas. O treinamento abarca as fases de piloto privado e piloto comercial. Deste modo, é feito um somatório dos conhecimentos adquiridos juntamente com a experiência do indivíduo, para se chegar ao ideal de uma certificação correspondente à de piloto de linha aérea (FONTES; FAY, 2015).

Conforme Fontes e Fay (2015), espera-se que o piloto formado nesse método desenvolva não somente habilidades técnicas, mas também as não técnicas que o prepararão para lidar com os eventos treinados e, quando em uma situação adversa, ter a capacidade de desenvolver uma solução pautada em seus conhecimentos.

Esse método de formação trabalha com elevados padrões de controle de qualidade, pois está diretamente relacionado com a prática, o que permite que o aluno seja avaliado continuamente em todos os aspectos e, quando tiver desenvolvido as habilidades necessárias à pilotagem e a capacidade de realizar as manobras de voo de forma segura, será considerado apto a atuar na profissão.

2.3 O ELEMENTO HUMANO COMO INSTRUMENTO DE AUXÍLIO À SEGURANÇA: CASO DO VOO 1549 DA US AIRWAYS – O POUSO NO RIO HUDSON

Em 15 de janeiro de 2009, um grave incidente na aviação teve repercussão mundial dado à forma como ocorreu e, mais que isso, dada à reversão da situação de perigo e sobrevivência de todos a bordo da aeronave. O voo 1549 da US Airways decolou do aeroporto La Guardia, em New York, com destino a Charlotte, na Carolina do Norte. A

⁷ No Brasil, a ANAC introduziu a licença em 2012, no RBAC 61, Emenda 13. No entanto, as companhias aéreas brasileiras ainda não a adotaram.

aeronave, ainda nos céus de Nova Iorque, chocou-se com gansos e, por consequência, perdeu o funcionamento dos motores. O fato aconteceu minutos após a decolagem e o comandante Chesley Sullenberger (Sully) identificou que a única alternativa possível para salvar aquela operação seria realizar o pouso no rio Hudson. O comandante, decidido a executar o pouso forçado de emergência, agiu de maneira rápida, preservando a vida de todos que estavam a bordo. Essa decisão só foi possível em decorrência da experiência que Sully possuía em pilotar aeronaves, o que lhe deu a convicção de que seria capaz de controlar aquela situação. Seu feito chegou aos cinemas através de um filme que contou a história (MAGALHÃES, 2019).

Vê-se claramente que a presença do piloto na cabine e suas habilidades foram os fatores capazes de salvar a operação e a vida de todos a bordo. Com efeito, para o alcance de resultados satisfatórios em um voo, o piloto deve estar devidamente qualificado e esse alto desempenho é resultado de uma busca contínua por evolução e aprimoramento dos conhecimentos adquiridos. Sully teve a ideia e o discernimento de pousar no rio Hudson pela união entre seus conhecimentos, sua experiência e suas habilidades técnicas e comportamentais que foram continuamente treinadas ao longo dos anos de profissão. Por certo, em uma operação, o elemento humano é o fator capaz de criar, gerenciar e tomar decisões, especialmente em situações críticas; portanto, sua presença na cabine de comando pode trazer soluções a problemas que venham ocorrer em virtude da bagagem de conhecimentos que adquiriu ao longo de sua formação e carreira profissional, não bastando somente a automação, que nada poderia ter feito nesse caso (ECCO, 2019).

A automação, assim, deve ser utilizada como ferramenta para reduzir a ocorrência do erro humano, uma vez que o homem tem diversas limitações, que podem ser supridas pelos sistemas automáticos que cumprem matematicamente as tarefas em situações normais. A segurança de voo deve ser vista, assim, como um investimento, pois quando aplicada trará retornos satisfatórios, visto que, repisa-se, se trata de uma medida de precaução contra a ocorrência de acidentes e incidentes aéreos.

2.4 O USO DO *CHECKLIST* COMO FERRAMENTA MITIGADORA DE ERROS

O *checklist* é uma “lista formal de todos os itens e ações que deverão ser identificados, programados, comparados ou verificados em todas as etapas de um voo normal” (FAA,1995). Trata-se de ferramenta indispensável à segurança do voo que auxilia o piloto na verificação do cumprimento das ações necessárias a uma operação. Nele, há cheques (ou checagens)

relacionados a todas as fases do voo, para que o piloto cumpra e confira a execução dos procedimentos listados, diminuindo, assim, o espaço para esquecimentos e, de efeito, para erros. Ele permite, ainda, que os pilotos executem suas tarefas de forma sequencial e coordenada, evitando que algo se perca ou passe despercebido. É importante lembrar, por outro lado, que essa ferramenta pode perder a sua eficácia quando utilizada de forma inconsequente, como, por exemplo quando realizados os procedimentos com pressa. A não observância criteriosa do procedimento resultará em uma condição de insegurança (LIMA, 2016).

O método mais utilizado quanto ao uso dessa ferramenta é o *challenge-response*, que consiste na configuração da aeronave pelo piloto dos itens da lista e, após a execução das configurações/ações (*scan flow*), faz a leitura do *checklist* e sua conferência. Após, os pilotos devem realizar o *cross check*, que é o cruzamento das informações, quando um irá ler um item e o outro deverá novamente conferir. Os itens devem ser lidos e conferidos um por vez, eliminando a ideia de se utilizar a memória por conferir vários itens de uma só vez e acabar por esquecer-se de algum (ALMEIDA, 2014).

Tal conferência deverá ser feita conforme previsto no manual de operações da aeronave. Sua potencialidade poderá ser aumentada com o uso dos membros do corpo do piloto, como mãos e dedos, para acompanhar a checagem dos itens e, assim, confirmar visualmente os itens atendidos.

Caso seja interrompido, o procedimento deverá ser reinicializado do início daquele conjunto, como por exemplo: *after start; before takeoff; after takeoff/climb*, para que haja o risco de não completar todos os itens. Considerando essa possibilidade, é necessário manter uma tabela de conferência em mãos. A checagem segue a sequência de ordem e posicionamento dos itens dentro da cabine, propiciando um fluxo mais fácil de ser compreendido pelos pilotos. Essa ferramenta está diretamente ligada e dependente do homem, pois demanda sua ação para funcionar e, naturalmente, deve ser utilizada com vistas a diminuir a possibilidade da ocorrência de erros (ALMEIDA, 2014).

Além do *checklist* de uso obrigatório da aeronave, no Brasil a ANAC elaborou um *checklist* pessoal que deverá ser realizado pelo aeronauta antes de cada voo, buscando identificar fatores de risco, mesmo que estes não sejam explícitos e assim evitar que o indivíduo voe de forma incoerente com os mínimos operacionais exigidos. Na realização dessa checagem o piloto deverá auto avaliar-se e refletir a respeito de cada item. Essa checagem engloba condições físicas como, horas de sono, alimentação e consumo de água, além de observações quanto ao consumo de álcool e drogas, por consequente, caso o piloto

identifique qualquer disfunção de suas aptidões psicofísicas, este deverá reportar ao seu superior e não prosseguir para o voo (ANAC, 2016).

A FAA desenvolveu o *checklist* “*T M SAFE*”, com o objetivo de auxiliar o piloto na realização da checagem de seu estado físico e mental antes do voo. Cada letra representa uma condição a ser observada, sendo, *illness* (doença), *medication* (medicação), *stress* (estresse), *alcohol* (álcool), *fatigue* (fadiga) e *emotion/eating* (emoção/alimentação). Essa ferramenta deve ser utilizada como meio de gerenciamento do risco de erro por parte do piloto, uma vez que, para voar ele deve estar em perfeitas condições físicas, mentais e técnicas, nisso, a auto avaliação busca verificar a disposição do piloto para o voo (HOUSTON, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem central deste trabalho consistiu na análise da relação entre o homem e a máquina, demonstrando, de um modo geral, suas deficiências e as consequências de ações indevidas de ambas as partes. Infere-se que tanto o homem quanto a automação são elementos indispensáveis ao voo, uma vez que assumem papéis específicos que somados contribuem para uma operação segura. Os sistemas automatizados, por si só, são capazes de realizar um voo completo em condições normais, mas é indispensável a presença do piloto na cabine de comandos a fim de supervisionar as ações da máquina e, caso necessário, assumir manualmente o controle da aeronave em decorrência de falha em algum sistema que possa vir a comprometer a segurança da operação.

Constata-se que o homem deve buscar evoluir em conhecimento e experiência constantemente a fim de estar cada vez mais preparado para lidar com as intercorrências que podem vir a acontecer durante um voo. Logo, entende-se que ele deve se capacitar por meio de cursos e treinamentos que o coloquem o mais próximo da realidade de um *cockpit* e o mantenham nesse nível de excelência mediante revisões dos conhecimentos já adquiridos ao longo de sua formação. O desenvolvimento de habilidades comportamentais também é fator determinante na formação de um profissional completo e competente. Ademais, o piloto deverá utilizar ferramentas de padronização já existentes durante as operações, a fim de minimizar lacunas que propiciem ocorrência de erros.

Entende-se que a familiarização do piloto com os sistemas automáticos proporciona uma relação harmoniosa e equilibrada entre si, o que levará a voos seguros em que o fator humano esteja apto a compreender as limitações da máquina e seja capaz de assumir a

operação, caso esta atinja sua capacidade máxima de resolução de problemas. Para que isso aconteça, o indivíduo deve estar preparado e ter seus conhecimentos e experiências internalizados, bem como suas habilidades treinadas, prontas para serem colocadas em prática quando necessário. Sugere-se a realização de pesquisas futuras a fim de observar a evolução da automação no meio aeronáutico e sua relação com o homem como medida apta a garantir a segurança de voo.

REFERÊNCIAS

ABREU JUNIOR, C. E. **Automação no cockpit das aeronaves** – um precioso auxílio à operação aérea ou um fator de aumento da complexibilidade no ambiente profissional dos pilotos? Disponível em: <<http://abergo.org.br/revista/index.php/ae/article/view/63/60>>. Acesso em: 5 abr. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL (ANAC). **Checklist pessoal de mínimos operacionais**. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/gerenciamento-da-seguranca-operacional/arquivos/chlst-pessoal_versao_anac_v2_celular.pdf. Acesso em: 03 dez. 2020.

ALMEIDA, F. M. N. da S. de. **Identidade profissional e aquisição de competências: um estudo com pilotos de aeronaves da aviação comercial**. 2001. Tese (Doutorado) – Instituto Superior de Psicologia Aplicada. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.12/289>>. Acesso em: 1 out. 2020.

ALMEIDA, M. S. de. Consideração dos fatores humanos na elaboração e uso do checklist. **Air Science**, v. 1, n. 01, 2014.

BILLINGS, C. E. **Aviation Automation: the search for a human-centered approach**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 1997. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=wS9KDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT8&dq=billings+1997+aviation+automation&ots=V9pGOCqkjj&sig=518GJxxSVUwUlfM3zzOkLG9psE#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 30 ago. 2020.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil (DAC). **IAC 060-1002A: treinamento em gerenciamento de recursos de equipes (Corporate Resource Management – CRM)**. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Simpósio de Gerenciamento de Recursos de Equipe**. Rio de Janeiro: COMAER, 2004. Disponível em: <<https://www2.anac.gov.br/arquivos/pdf/CRM-Sitese.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2020.

ECCO, L. H. da S. **Fator humano em acidentes aeronáuticos**. 2019. 43 f. TCC (Graduação) – Curso de Ciências Aeronáuticas, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2019. Disponível em: <https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/7912/Leonan_Hodoni_da_Silva_Ecco_

MONOGRAFIA_VERS% c3% 83O% 20FINAL% 20corrigida.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 . Acesso em: 3 out. 2020.

FANGUEIRO, A. F. A. **Avaliação do contributo da evolução tecnológica para a segurança no transporte aéreo.** 2008. 142 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia, Universidade da Beira Interior, Covilhã/Portugal, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10400.6/1999>>. Acesso em: 6 set. 2020.

FAY, C. M.; OLIVEIRA, G. G. **Aviação, tecnologia e sociedade: os primeiros voos no Brasil.** PUCRS, 2011. Disponível em: <<http://www.hcte.ufjf.br/downloads/sh/sh4/trabalhos/Claudia%20Musa%20AVIA%C3%87%C3%83O.pdf>>. Acesso em: 6 set. 2020.

GOMES, J. B. **Segurança de voo: tecnologia na operação da aviação civil.** 2019. 39 f. TCC (Graduação) – Curso de Ciências Aeronáuticas, Unisul, Palhoça, 2019. Disponível em: <<https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/7726/TCC%20vers%c3%a3o%20final%20%28Ci%c3%a3ncias%20Aeron%c3%a1uticas%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 5 set. 2020.

GROSSI, R. M. **A importância da pilotagem elementar nos aviões modernos.** 2017. 22 f. TCC (Graduação) – Curso de Ciências Aeronáuticas, Unisul, Palhoça, 2017. Disponível em: <<http://www.riuni.unisul.br/handle/12345/4008>>. Acesso em: 1 set. 2020.

HENRIQSON, É.; CARIM, G.; GAMERMANN, R. Fatores humanos no design de cabines de comando. **Conexão Sipaer**, [s. l.], ano 2011, v. 2, p. 13-42, 2 abr. 2011. Disponível em: <<http://conexaosipaer.cenipa.gov.br/index.php/sipaer/article/view/75/109>>. Acesso em: 31 ago. 2020.

HOUSTON, S. **The I'M SAFE checklist.** Pilot risk management: There's a checklist for that! The balance careers. 2019. Disponível em: <https://www.thebalancecareers.com/the-i-m-safe-checklist-282948> . Acesso em: 03 dez. 2020.

INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (ICAO). **Multi-Crew Pilot License.** Innovative Ab Initio Training for the Airline Pilot [S. l.], ano 2007, v. 62, n. 3, p. 15-16, 23 ago. 2007.

INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION (IATA). **Guidance material and best practices for MPL implementation.** 1st ed. Montreal-Geneva, October 2011. Disponível em: <<http://www.iata.org/whatwedo/ops-infra/itqi/Documents/guidance-material-and-best-practices-for-mplimplementation.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2020.

LACERDA, E. T.; LOPES, J. R. Universidade de São Paulo. Avaliação da Carga de Trabalho dos Pilotos em Função de Duração e Horário de Treinamento no Simulador de Voo do Airbus 320. *In: Proceedings of VII Brazilian Symposium of Human Factors in computing systems*, 2006, Natal/RN, Brazil. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1298023.1298062&coll=GUIDE&dl=>>>. Acesso em 4 out. 2020.

LARANJEIRA, F. Conclusões sobre o voo AF 447: as lições do acidente com voo da Air France que caiu no mar em 2009 quando voava do Rio de Janeiro para Paris. **Aero Magazine**,

2019. Disponível em: <https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/conclusoes-sobre-o-voof447_4304.html>. Acesso em 4 out. 2020.

LIMA, F. S. **A automação e sua evolução.** Disponível em: https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_16.pdf. Acesso em: 5 abr. 2020.

LIMA, J. D. D. **A importância do checklist durante o pré-voos no curso prático de Piloto Privado de Avião.** 2016. 37 f. TCC (Graduação) – Curso de Ciências Aeronáuticas, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2016. Disponível em: <<https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/3081/Monografia%20JEFFERSON%20DAVIS%20DANTAS%20LIMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 06 out. 2020.

MAGALHÃES, A. **“Milagre” do voo 1549 da US Airways, que pousou no rio Hudson, completa 10 anos.** Aeroflap. Jan. 2019. Disponível em: <<https://www.aeroflap.com.br/milagre-do-vo-1549-da-us-airways-que-pousou-no-rio-hudson-completa-10-anos/>>. Acesso em: 3 out. 2020.

MANCUSO, R. A. **Os impactos na segurança operacional pela automação no cockpit das aeronaves na aviação comercial.** 2017. 47 f. Monografia (Especialização) – Curso de Ciências Aeronáuticas, Unisul, Palhoça, 2017. Disponível em: <<http://www.riuni.unisul.br/handle/12345/4286>>. Acesso em: 1 set. 2020.

MONTEIRO, R. F. **Novas tecnologias de cabine em aviões do transporte aéreo regular e transformações na representação social dos pilotos.** 2007. 160 f. Dissertação (Mestrado em Psicologia) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2007. Disponível em: <<http://tede2.pucgoias.edu.br:8080/bitstream/tede/1957/1/Raul%20France%20Monteiro.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2020.

NARCIZO, R. R. **Automação na cabine de comando e suas consequências na segurança de voo.** 2015. 74 f. TCC (Graduação) – Curso de Manutenção de Aeronaves, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, São Carlos, 2015. Disponível em: <http://antigo.scl.ifsp.edu.br/portal/arquivos/publicacoes/2017/26_AUTOMA%C3%87%C3%83O_NA_CABINE_DE_COMANDO.pdf>. Acesso em: 17 set. 2020.

NOVELLO, E. **O treinamento em Crew Resource Management como ferramenta para mitigar erros causados pelo fator humano na aviação comercial.** 2017. 60 f. TCC (Graduação) – Curso de Ciências Aeronáuticas, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2017. Disponível em: <<http://www.riuni.unisul.br/handle/12345/3136>>. Acesso em: 01 out. 2020.

PILATI, G. **A influência da automação na consciência situacional dos pilotos.** 2012. 70 f. TCC (Graduação) – Curso de Ciências Aeronáuticas, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<http://www.avioesemusicas.com/wp-content/uploads/2013/06/Monografia-Final.pdf>>. Acesso em: 8 set. 2020.

PORTILHO, F. A.; BUKZEM, S. C. Os precedentes históricos da navegação aérea baseada em instrumentos: necessidade, surgimento e evolução. **Aviation in Focus, Journal of Aeronautical Sciences**, Dec. 2015, 6(1):17. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/291019918_Os_precedentes_historicos_da_navegacao_aerea_baseada_em_instrumentos_necessidade_surgimento_e_evolucao>. Acesso em: 15 out. 2020.

BUREAU D'ENQUÊTES ET D'ANALYSES (BEA). **Relatório Oficial do voo da Air France 447**. Disponível em: <<https://www.bea.aero/enquetes/vol.af.447/note05juillet2012.br.pdf>>. Acesso em: 8 set. 2020

RIBEIRO, E. F. **A formação do piloto de linha aérea: caso VARIG: o ensino aeronáutico acompanhando a evolução tecnológica**. 2008. 386 f. Tese (Doutorado) – Curso de História, Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/3773/1/000403220-Texto+Completo-0.pdf>> Acesso em: 30 ago. 2020.

RODEGUERO, M. A; BRANCO, H. **Gerenciando o risco na aviação geral: segurança de voo**. São Paulo: Bianch, 2013. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=YW0IDAAQBAJ&lpg=PA23&ots=j8hk3u4rjE&dq=crm%20na%20avia%C3%A7%C3%A3o&lr&hl=pt-BR&pg=PA1#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 30 set. 2020.

RONDON, M. H.; CAPANEMA, C. F.; FONTES, R. S. A interação homem-máquina nas aeronaves tecnologicamente avançadas: a transformação de um paradigma. **Aviation in Focus, Journal of Aeronautical Sciences**, Feb. 2015, 5(2):50. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/281509542_A_interacao_homem-maquina_nas_aeronaves_tecnologicamente_avancadas_a_transformacao_de_um_paradigma> . Acesso em: 5 abr. 2020.

SANTI, S. **Fatores humanos como causas contribuintes para acidentes e incidentes aeronáuticos na aviação geral**. 2009. 85 f. Monografia (Especialização) – Curso de Gestão da Aviação Civil, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/1601>. Acesso em: 27 set. 2020.

SETZER, V. W. **IA – Inteligência Artificial ou Imbecilidade Automática?** Disponível em: <<https://www.ime.usp.br/~vwsetzer/IAtrad.html>>. Acesso em: 5 abr. 2020.

SILVA, R. D. 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. TCC (Graduação) – Curso de Ciências Aeronáuticas, Unisul, Palhoça, 2019. Disponível em: <<http://www.riuni.unisul.br/handle/12345/9899>>. Acesso em: 30 ago. 2020.

Lhaís Neres Cota
e-mail: lhaisnc@hotmail.com
Telephone: (62) 98101-3268