



# OS PERIGOS DAS OPERAÇÕES DE PILOTO ÚNICO

Como os avanços tecnológicos na cabine de comando podem comprometer a segurança de voo

Adaptação feita pelo SNA do ALPA White Paper

---

# #safetystartswith2



# OS PERIGOS DAS OPERAÇÕES DE PILOTO ÚNICO

Como os avanços tecnológicos na cabine de comando  
podem comprometer a segurança de voo

## Sumário

Introdução .....	6
O que é a campanha .....	7
'Segurança Começa com Dois' (Safety Starts With 2) .....	7
Prefácio do presidente da ALPA Joe Depete .....	8
Resumo .....	9
Necessidade de vários pilotos .....	9
Compartilhamento de carga de trabalho .....	9
Coordenação da cabine de comando .....	9
Adaptação às condições de mudança .....	10
Operações de companhias aéreas com um único piloto: um risco que não vale a pena .....	10
Coordenação reduzida .....	10
Dependência excessiva na automação .....	10
Lidando com emergências .....	10
Política e opinião públicas sobre operações de piloto único .....	11
Cibersegurança no cockpit .....	11
Aspecto econômico .....	11
Aumento da carga de trabalho .....	11
Obstáculos a operações com um piloto .....	11
Obstáculos tecnológicos .....	12
Prioridade de investimentos federais em comparação com tripulação reduzida e operações de piloto único .....	12
Atualização do NAS - Sistema Nacional de Espaço Aéreo .....	12
Caminhos alternativos de pesquisa .....	12
<b>Seção 1: necessidade de múltiplos pilotos .....</b>	<b>13</b>
Os benefícios de mais pilotos e a distribuição de carga de trabalho .....	13
Contingências médicas .....	14
Adaptando-se às condições de mudança .....	15
Os malefícios da assistência remota ao piloto .....	15
Redução ou perda de comunicações não verbais .....	15
Interrupções de comunicação .....	16



Segurança em risco .....	16
Resumo: necessidade de múltiplos pilotos .....	17
<b>Seção 2:</b> operações aéreas com piloto único: um risco que não vale a pena .....	17
Operações de piloto único aumentam a carga de trabalho para o piloto restante .....	18
Interação remota impede a comunicação .....	19
A dependência de sistemas automatizados afeta o desempenho do piloto .....	19
As operações com um piloto não contemplam o problema da incapacitação .....	20
São necessários dois pilotos para a segurança da cabine de comando .....	20
Dois pilotos são a melhor defesa durante a crise .....	21
Resumo: Operações de piloto único em companhias aéreas: um risco que não vale a pena .....	22
<b>Seção 3:</b> política e opinião públicas sobre as operações de piloto único .....	22
A regulamentação atual não apoia operações com um único piloto .....	23
Divisão de trabalho na cabine de comando .....	23
Padrões de projetos de aeronaves .....	24
Limitações de serviço e requisitos de descanso.....	24
Operações de passageiros e sob demanda.....	24
As políticas da Administração Federal de Aviação desencorajam as operações de piloto único .....	25
A opinião pública opõe-se às operações de piloto único.....	25
Resumo: política e opinião públicas sobre operações com um único piloto.....	26
<b>Seção 4:</b> obstáculos às operações com piloto único.....	27
Ainda há obstáculos tecnológicos.....	27
Inteligência artificial generativa .....	28
Interação e monitoramento máquina-piloto .....	29
Experiência e percepção do piloto .....	29
Atualizar o NAS é uma prioridade urgente .....	30
Questões de segurança cibernética apresentam desafios adicionais.....	31
A oposição pública apresenta barreira política .....	31
Um caso econômico deficiente pode enfraquecer o incentivo.....	32
Resumo: Obstáculos às operações com um único piloto .....	33

<b>Seção 5: Prioridade mais alta - Investimentos federais em</b>	
comparação com operações com tripulação reduzida e piloto único.....	33
Esforços para reconstruir o NAS.....	34
O Programa NextGen.....	34
Acomodação de novos participantes na NAS .....	35
Desenvolvimento de tecnologia para atender prioridades da aviação.....	35
Prioridades do ARM.....	35
Pesquisa de longo prazo e de alto retorno.....	36
Resumo: Investimentos federais de maior prioridade	
em comparação a operações com tripulação reduzida e piloto único .....	37
<b>Resumo e conclusão.....</b>	<b>38</b>
A necessidade de um segundo piloto na cabine de comando .....	38
Prontidão tecnológica .....	39
Oposição do público às operações com um único piloto.....	39
Alternativas de investimento .....	39
Conclusão .....	40





## Introdução

O Sindicato Nacional dos Aeronautas se junta à campanha mundial das organizações de pilotos da aviação comercial na luta contra as operações aéreas com tripulação reduzida, que representa um risco significativo à segurança de voo.

Este documento é uma versão adaptada do ALPA White Paper, elaborado pela ALPA (Associação Internacional de Pilotos de Linha Aérea), uma das líderes do movimento, junto com a IFALPA (Federação Internacional de Pilotos de Linha Aéreas) e a ECA (Associação Europeia do Cockpit).

Ao longo do texto são apresentados os principais argumentos, pesquisas e estudos científicos contrários à ideia equivocada de que as operações com piloto único na cabine de comando poderiam melhorar a capacidade e a eficiência da aviação sem comprometer a segurança.

O SNA reforça o entendimento de seus pares de que o futuro da profissão de piloto de avião depende do compartilhamento destes fatos com todos que valorizam a segurança de voo.



## O que é a campanha 'Segurança de Voo Começa com Dois' (Safety Starts With 2)

A campanha mundial 'Segurança de Voo começa com dois' ('Safety Starts With 2', em inglês) tem como objetivo alertar a indústria da aviação e a sociedade sobre os perigos inerentes à ideia de substituir um piloto na cabine de comando por um piloto remoto.

Liderado por IFALPA (Federação Internacional de Pilotos de Linha Aéreas), ECA (Associação Europeia do Cockpit) e ALPA (Associação Internacional de Pilotos de Linha Aérea), o movimento mostra por meio de experiências e estudos como os possíveis benefícios associados às operações com um único piloto não superam os riscos e desafios de segurança.

A intenção é proteger passageiros e tripulantes e combater o lobby cada vez mais agressivo das companhias aéreas, que pretendem reduzir a tripulação para obter uma economia que, como mostrado no documento a seguir, não se concretiza, já que salários e benefícios dos pilotos representam um percentual bem pequeno nas despesas das empresas.

A campanha visa garantir que os padrões atuais que tornaram a aviação o meio de transporte mais seguro do mundo não sejam deteriorados.



## PREFÁCIO DO PRESIDENTE DA ALPA JOE DEPETE

---

A ALPA (Associação de Pilotos de Linhas Aéreas) está comprometida com a segurança de voo desde sua fundação, em 1931. Nosso lema – “Programação com Segurança” – orienta todas as decisões tomadas por nossos pilotos. Por quase nove décadas, a tecnologia transformou asas de lona e madeira em asas de alumínio e fibra de carbono, viajando/voando na estratosfera a três quartos da velocidade do som - e fazendo isso com um recorde de segurança sem precedentes.

Este documento reafirma o posicionamento da ALPA e reconhece a importância do recurso de segurança mais vital em aeronaves comerciais e no futuro próximo: dois pilotos experientes, treinados e descansados no cockpit.

A última década é uma prova de como os pilotos ajudaram a fazer da aviação comercial o meio de transporte mais seguro do mundo. Hoje, milhões de passageiros e toneladas de carga viajam para destinos ao redor do mundo com facilidade e pouca preocupação de chegar com segurança, graças ao enorme esforço dos profissionais da aviação.

Pilotos de linha aérea e nossos colegas da aviação trabalham duro todos os dias para manter os números de segurança da indústria aérea dos Estados Unidos. Nosso trabalho se tornou tão rotineiro, que alguns grupos da indústria negligenciaram o papel importante de segurança desempenhado por

um piloto fisicamente presente na cabine, e esforços foram propostos para pesquisar ou introduzir operações de piloto único ou de controle remoto para o sistema de transporte aéreo.

Este conceito não só é prematuro como também desvia esforços que poderiam ser direcionados para a necessidade crítica e imediata de aprimorar a eficiência das aeronaves e a infraestrutura aeroportuária.

Os fatos apresentados neste documento reforçam claramente a posição da ALPA, esmagadoramente apoiada pelo público, que confia suas vidas em pilotos de companhias aéreas a cada voo. Também é evidente que existem muitos custos e tecnologias não comprovadas que ainda precisam ser desenvolvidas antes mesmo que o primeiro passo —substituir um dos pilotos da cabine por uma assistência remota— possa ser dado. Mesmo que haja discussões sobre a aviação em 2050 e mais adiante, fica claro que é necessária uma inovação de alto desempenho para viabilizar este tipo de operação, atualmente fora do nosso alcance.

Os pilotos profissionais de hoje ganharam as berimbelas sobre os ombros por meio de trabalho árduo, incontáveis horas de estudo e sabedoria adquirida por experiência prática. Nenhum computador ou assistência remota pode corresponder ao piloto a bordo dedicado em tornar cada voo melhor que o anterior.

O futuro da nossa profissão depende do compartilhamento destes fatos com todos que valorizam a segurança de voo e, até onde sei, isso significa toda a sociedade.

## RESUMO

A aviação comercial é o meio de transporte mais seguro do mundo, com um registro que continua a melhorar, mesmo com o crescimento constante do setor. O público tem muitos motivos para agradecer por isso, mas no topo da lista estão os pilotos altamente treinados que pilotam as aeronaves em céus cada vez mais lotados, 24 horas por dia, em todos os tipos de clima. No entanto, algumas entidades começaram a defender a redução da tripulação de voo presente em aeronaves de grande porte, possivelmente até mesmo para um único piloto. Aqueles que promovem operações com um único piloto argumentam que a redução do tamanho da tripulação resultará em economia de custos. No entanto, o conjunto atual de evidências e experiências, incluindo mais de uma década de estudos da Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA) e da Administração Federal de Aviação (FAA), mostra que os riscos e desafios de segurança associados às operações com um único piloto superam em muito seus possíveis benefícios.

## Necessidade de vários pilotos

A legislação dos EUA e as regras da FAA exigem pelo menos dois pilotos qualificados na cabine de comando o tempo todo durante os voos de aeronaves de transporte e de passageiros de grande porte, com tripulações maiores obrigatórias para voos de longa distância. A qualquer momento, um piloto (o "piloto que está pilotando") normalmente está pilotando ativamente a aeronave, enquanto o outro (o "piloto que está monitorando") é responsável por monitorar a instrumentação e o piloto que está voando, gerenciar o checklist e comunicar-se com o controle de tráfego aéreo. Embora a cabine de comando moderna conte com muitos sistemas automatizados, o piloto que está pilotando sempre está ativamente envolvido na

pilotagem da aeronave; a automação é uma ferramenta à sua disposição.

## Compartilhamento de carga de trabalho

Nas operações padrão com dois pilotos, as tarefas são compartilhadas, o que é especialmente importante durante as fases de táxi, decolagem e aterrissagem do voo, que exigem muito trabalho. As operações com um único piloto empregam apenas o piloto que está voando, que deve assumir uma parte das funções de monitoramento do piloto, enquanto outras tarefas são transferidas para os computadores e para os pilotos em terra.

O resultado, inevitavelmente, é uma carga de trabalho significativamente maior para o piloto que está voando. Além disso, estudos mostram uma clara relação inversa entre a carga de trabalho do piloto e a segurança, especialmente em condições fora do normal. O desempenho da trajetória de voo também foi melhor durante operações com duas tripulações do que operações com tripulação reduzida ou única.

## Coordenação da cabine de comando

Dois pilotos sentados lado a lado na cabine de comando são capazes de coordenar estreitamente suas ações por meio de comunicações constantes, incluindo sinais não verbais, como acenos de cabeça e outros gestos que indicam que uma mensagem foi ouvida ou que uma tarefa está sendo executada. O piloto de monitoramento também desempenha um papel importante no monitoramento da pilotagem, observando erros ou declínios na capacidade cognitiva. Se o piloto que estiver pilotando ficar incapacitado por motivos de saúde durante um voo, o piloto de monitoramento poderá assumir rapidamente o controle da aeronave.

## Adaptação às condições de mudança

Os pilotos reduzem os riscos operacionais e de segurança com frequência, adaptando-se às mudanças nas circunstâncias, incluindo orientações do controle de tráfego aéreo, condições meteorológicas, mau funcionamento do equipamento, congestionamento do aeroporto e desvios de voo. Essa capacidade de adaptação a um ambiente dinâmico é fundamental: de acordo com dados da FAA, apenas um em cada 10 voos está em conformidade com o plano originalmente inserido no sistema de gerenciamento de voo de uma aeronave. Operações com um único piloto e operações com tripulação reduzida comprometeriam essa camada de segurança, representando um risco inaceitável.

## Operações de companhias aéreas com um único piloto: um risco que não vale a pena

Os riscos associados às operações com tripulação reduzida e piloto único estão bem documentados. Em especial, esses riscos decorrem do aumento da carga de trabalho do piloto remanescente, da eliminação de uma camada essencial de redundância operacional e de monitoramento na cabine de comando e a incapacidade de um único piloto de lidar com muitas situações de emergência.

## Coordenação reduzida

Ter pilotos sentados lado a lado no cockpit facilita o estreitamento das ações coordenadas, essenciais para operações de voo suaves e seguras, especialmente em circunstâncias imprevisíveis. Simulações da Nasa indicam que se os pilotos não estiverem sentados juntos, esta coordenação fica prejudicada devido à perda das comunicações não verbais. Esses estudos

mostram aumento de casos de confusão e que a substituição de gestos não verbais com comunicações verbais acrescenta um número impraticável de tarefas à carga de trabalho do piloto.

## Dependência excessiva na automação

A dependência excessiva de sistemas automatizados pode afetar negativamente o desempenho do piloto. Sistemas autônomos podem levar à complacência no cockpit, na medida em que pilotos se tornam menos vigilantes em seu monitoramento. Os sistemas autônomos também podem degradar a consciência situacional, mascarando mudanças na saúde e desempenho do sistema da aeronave e corroendo as habilidades do piloto, pois muitas delas podem cair em desuso.

Quando eventos inesperados que requerem intervenção humana ocorrem, os pilotos que vêm usando piloto automático por um longo período de tempo podem ter dificuldade em fazer a transição de volta ao modo ativo.

## Lidando com emergências

Existem inúmeros incidentes documentados em que dois ou mais pilotos foram necessários para evitar desastres após grandes falhas em equipamentos de voo. Esses incluem o incidente de 2009 em que um piloto da US Airways caiu no rio Hudson logo após a decolagem, por uma falha de motor duplo causada pelo choque com um pássaro, e o incidente de 2018 em que um voo da Southwest Airlines sofreu uma falha catastrófica do motor, cujos destroços quebraram a janela da cabine de passageiros. Um estudo de 2017 da Nasa/FAA concluiu que as operações com piloto único representam um risco de segurança inaceitável em uma situação de emergência. O documento também afirma que um incidente de incapacitação do piloto durante essas operações podem ser catastróficas.

## Política e opinião públicas sobre operações de piloto único

Regulamentos federais dos EUA que regem a aviação comercial são claros: pelo menos dois pilotos devem estar presentes no cockpit de grandes aeronaves de passageiros ou de transporte de carga. Outras legislações requerem a presença de tripulação de voo adicional para manter o estado de alerta do piloto em voos de longo curso e para alcançar a funcionalidade e a segurança necessárias de certas aeronaves para obtenção de certificado para operação. A regulamentação da FAA também reforça a garantia de segurança por pilotos humanos ao proibir o uso de UAS (Sistema de Aeronave Não Tripulada, em tradução livre) para transportar passageiros ou carga para compensação.

Dados de pesquisas indicam que o público desaprova tripulação reduzida ou operações de piloto único. Em uma pesquisa realizada pela ALPA, 80% dos entrevistados concordaram que pelo menos dois pilotos trabalhando juntos no cockpit estão mais bem equipados para lidar com emergências do voo, enquanto 96% disseram que o orçamento com pesquisa em aviação deve ser direcionado para projetos que não sejam aqueles destinados a eliminar pilotos da cabine. Esta preferência foi confirmada em uma pesquisa semelhante realizada pela Ipsos, empresa de pesquisa de mercado e opinião pública.

## Cibersegurança no cockpit

O aprimoramento das comunicações ar-terra e os recursos de automação necessários para implementar tripulação reduzida ou operações de piloto único podem deixar as aeronaves vulneráveis a novas formas de adulteração ou ataque. Os hackers podem, por exemplo, criar sinais de interferência para operar remotamente uma aeronave, ou mesmo comandar um voo via ataque

cibernético. A criptografia de sinal é a melhor defesa contra tais ataques; no entanto, a criptografia introduz atrasos de sinal, geralmente com duração de segundos, o que pode dificultar a operação remota de uma aeronave em caso de emergência. Além disso, países têm leis diferentes que regem o uso da criptografia, e alguns a proibiram completamente.

## Aspecto econômico

Reduzir o tamanho das tripulações do cockpit traria economia para as operadoras aéreas em salários, benefícios e outras despesas, mas algumas, se não a maioria, seriam compensadas por custos associados com tripulação reduzida e operações de piloto único. Esses custos incluem: equipar ou modernizar aeronaves com a automação necessária, sensores e sistemas de comunicação; custos de infraestrutura; salários e benefícios para pilotos remotos em terra que seriam necessários para apoiar operações de piloto único; e custos com certificação.

## Aumento da carga de trabalho

Estudos da Nasa mostraram que, sem um piloto em monitoramento no cockpit, o piloto em comando enfrentaria uma carga de trabalho substancialmente maior, especialmente em circunstâncias de voo fora do previsto. Inúmeras simulações da Nasa demonstraram este fenômeno, juntamente com um aumento de erros associados à eliminação de tarefas do piloto. Estudos também mostram que a assistência terrestre não compensa o aumento da carga de trabalho.

## Obstáculos a operações com um piloto

Nos últimos anos, avanços significativos em automação e outras tecnologias levaram algumas pessoas na indústria da aviação a sugerir que tripulação reduzida ou operações



de piloto único poderiam trazer economias financeiras sem comprometer a segurança. Na verdade, automação, comunicações e tecnologias de sensores estão longe de serem capazes de fornecer o mesmo nível de segurança como um segundo piloto no cockpit. Além disso, os esforços para implementar operações de piloto único também precisam superar restrições regulatórias, preocupações com segurança cibernética e desvantagens econômicas.

## Obstáculos tecnológicos

Embora a automação e outras tecnologias tenham avançado consideravelmente ao longo dos anos, para verdadeiramente substituir o segundo piloto no cockpit, máquinas precisarão replicar a detecção, avaliação, capacidade de reação, adaptação e interação de um ser humano em um ambiente complexo e dinâmico. Este nível de automação está a décadas de distância de se tornar realidade. A tecnologia de automação atual é capaz de lidar com tarefas específicas e limitadas, mas mesmo esses sistemas são propensos a erros, que, se não forem detectados, podem ser agravados ao longo do tempo.

Além disso, a tecnologia atual é incapaz de detectar remotamente indicadores sutis de complicações de saúde em um piloto humano que poderia ser um indicador de incapacidade iminente.

## Prioridade de investimentos federais em comparação com tripulação reduzida e operações de piloto único

Operações com tripulação reduzida e piloto único não são prioridade no investimento em pesquisa e tecnologia aeronáutica dos EUA. As FAA estão atualmente ocupadas com a modernização do sistema de gerenciamento do tráfego aéreo do país, enquanto a NASA está investigando uma série de tecnologias aeronáuticas que vão servir ao público em geral, assim como à indústria da aviação.

## Atualização do NAS - Sistema Nacional de Espaço Aéreo

A FAA, com a ajuda da NASA, está no meio de uma modernização de mais de \$20 bilhões do NAS através de vários programas conhecidos coletivamente como o Sistema de Transporte Aéreo de Próxima Geração (NextGen). A revisão é necessária para garantir operações seguras e eficientes no mercado cada vez mais congestionado do NAS, que está tendo um crescimento constante na aviação comercial, além da entrada de novos veículos, incluindo UAS (Sistema de Aeronave Não Tripulada), espaço suborbital e veículos de reentrada e táxis aéreos. Muitos dos elementos fundamentais do NextGen já estão analisados, mas não se espera que a revisão seja totalmente realizada até 2025. Buscar reduções no tamanho das tripulações do cockpit neste momento seria uma distração desnecessária e um consumo de recursos em detrimento da tarefa premente de atualizar o NAS.

## Caminhos alternativos de pesquisa

Financiar pesquisas sobre tripulação reduzida e operações de piloto único desviam escassos recursos de outros estudos mais amplamente benéficos nas áreas de pesquisa aeronáutica. A Direção de Missões de Investigação (ARMD) da Aeronáutica da NASA é atualmente envolvida em pesquisas que beneficiam não apenas as companhias aéreas e operadores de transporte aéreo, mas também o público em geral. A pesquisa normalmente tem um dos seguintes objetivos: melhoria da segurança, redução do consumo de combustível e impacto ambiental, tempos de viagem reduzidos, e maior eficiência no NAS.

Projetos específicos na ARMD incluem: novas baterias que permitiriam aeronaves elétricas totalmente a propulsão, viagem supersônica com ruído reduzido, e projetos de aeronaves híbridas de corpo de asa que usam muito menos combustível do que as aeronaves atuais. O combustível agora representa uma parte substancial dos custos



das companhias aéreas, então a redução em seu consumo iria direto para os resultados financeiros das empresas.

## Seção 1: necessidade de múltiplos pilotos

O sistema de aviação comercial é o sistema de transporte mais seguro do mundo, com um histórico que continua a melhorar, mesmo em meio à demanda crescente por viagens de passageiros e transporte de carga. No centro desse sistema estão os pilotos, cujo treinamento, habilidade e experiência os prepararam para lidar com praticamente qualquer situação, seja ela um mau funcionamento do sistema, mau tempo ou sobrecarga do tráfego aéreo. Consequentemente, os regulamentos federais de aviação dos EUA há muito tempo exigem tripulações a bordo de pelo menos dois pilotos qualificados em voos de companhias aéreas que transportam passageiros ou carga, com tripulações maiores para voos de longa distância.

Avanços significativos nas tecnologias de monitoramento meteorológico, automação, navegação, vigilância, comunicações e processamento de informações foram, sem dúvida, um fator impressionante no histórico de segurança da aviação comercial. Esses avanços chegaram a tal ponto que algumas companhias aéreas comerciais e operadoras de transporte de carga agora argumentam que o tamanho da tripulação da cabine pode ser reduzido, em alguns casos para um único piloto, sem comprometer a segurança dos passageiros a bordo ou de terceiros não envolvidos. Entretanto, o conjunto atual de evidências e experiências, incluindo mais de uma década de estudos da NASA e da FAA, argumentam fortemente o contrário.

Esses estudos indicam coletivamente que, apesar dos avanços tecnológicos dramáticos desde que as regras foram estabelecidas, uma tripulação de cockpit de pelo menos dois pilotos continua sendo necessária para manter o alto nível atual de segurança e proteção da cabine de comando. Mesmo

em circunstâncias normais, um único piloto enfrentaria uma carga de trabalho significativamente maior do que quando as tarefas são compartilhadas, uma situação que pode levar à eliminação de tarefas e à introdução de erros. Esse risco é particularmente alto durante as fases de decolagem, aproximação e aterrissagem do voo, que são de alta carga de trabalho, bem como em circunstâncias fora do normal, como condições climáticas adversas ou mau funcionamento do equipamento. Além disso, nenhuma tecnologia existente pode eliminar ou levar em conta a possibilidade de incapacitação do piloto durante o voo devido a problemas de saúde ou outros. Um segundo piloto é necessário para assumir os controles da aeronave nessas circunstâncias. Dois pilotos humanos também são mais capazes de se adaptar às mudanças de circunstâncias durante o voo, o que é crucial em caso de eventos anormais e emergenciais. As deficiências da assistência remota ao piloto reforçam ainda mais a necessidade de ter vários pilotos no cockpit, incluindo a perda da comunicação não verbal, possibilidade de interrupções de comunicação e riscos de segurança.

## Os benefícios de mais pilotos e a distribuição de carga de trabalho

Os pilotos controlam ativamente todas as aeronaves das companhias aéreas, da partida ao portão de desembarque, independentemente de estarem transportando passageiros ou carga. A noção de que os computadores fazem a maior parte do voo nas aeronaves comerciais modernas, mesmo durante a decolagem e o pouso, é falsa. Em operações normais com dois pilotos, um piloto é responsável por pilotar o avião. Essa pessoa é conhecida como o "piloto em comando". O outro piloto é responsável por monitorar as ações do piloto que está pilotando, a trajetória de voo da aeronave, os estados da aeronave e dos sistemas, bem como as funções de suporte, inclusive as comunicações com o controle

de tráfego aéreo, e garantir a conclusão do checklist. O piloto nessa função é chamado de “piloto de monitoramento”. As funções de pilotagem e monitoramento do piloto geralmente são alternadas entre os dois pilotos. As operações com um único piloto empregam apenas o piloto de voo, que deve assumir uma parte das funções do piloto de monitoramento, enquanto outras tarefas são transferidas para computadores e pilotos em terra. O resultado, inevitavelmente, é uma carga de trabalho significativamente maior para o piloto que está voando, o que reduziria os níveis atuais de segurança das operações aéreas.

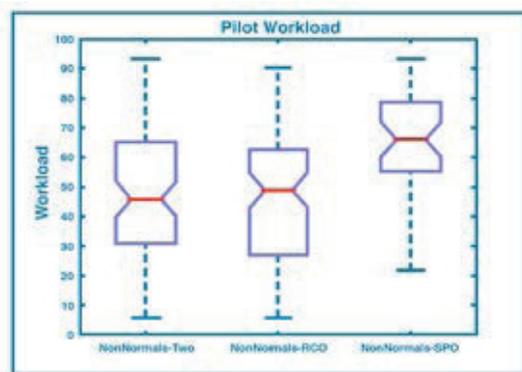


Figura 1. O aumento da carga de trabalho em operações com um único piloto. Crédito da imagem: NASA, 2017, An Assessment of Reduced Crew and Single Pilot Operations in Commercial Transport Aircraft Operation (Operações com tripulação reduzida e piloto único na operação de aeronaves de transporte comercial)

Os dados de uma série de simulações de piloto no loop, conduzidas pela NASA e pela FAA, e apresentadas em setembro de 2017 (Figura 1) indicam uma relação inversa clara entre a carga de trabalho do piloto e a segurança:

*“Quando a carga de trabalho do piloto excedia determinados limites, os pilotos mudavam de tarefa e, ao fazê-lo, ocorriam erros de execução ou omissão.”*

Em condições fora do normal, como mudanças inesperadas no clima, pequenas perdas de pressão ou interações descoordenadas com outra aeronave, o estudo constatou que a carga de trabalho era significativamente maior para um único piloto no cockpit do que para dois. Além disso, o desempenho da trajetória de voo foi melhor durante as operações

com duas tripulações do que durante as operações com tripulação reduzida ou única:

*“Dois pilotos providenciaram um piloto em monitoramento. As operações de duas tripulações forneciam quatro mãos, quatro olhos e dois cérebros para monitorar e trabalhar o(s) problema(s). Dois pilotos fornecidos para compartilhamento de carga de trabalho, especialmente na compensação anormal, onde a força física para controlar o veículo foi significativa. Dois pilotos forneceram uma maior riqueza de experiência de onde tirar, como adaptar-se a habilidades técnicas de voo únicas [usando impulso assimétrico para ajudar a equilibrar a carga de combustível carga ou ajuste do leme], conhecendo os aeroportos mais próximos disponíveis, adequados, mas subutilizados [Grand Junction, CO], ou entendendo os efeitos de falha secundária ou composta que não são itens da lista de verificação [a perda de geradores causará efeitos de pressurização].”*

O uso da lista de verificação, por sua vez, foi mais consistente e preciso durante as operações padrão de dois tripulantes do que com tripulação reduzida ou operações de piloto único. O uso da lista de verificação foi limitado em operações com tripulação reduzida - definidas neste estudo como tendo apenas um piloto ativo durante a fase de cruzeiro - porque o início de uma lista de verificação muitas vezes era adiado até que o piloto em repouso retomasse funções de voo.

## Contingências médicas

O mínimo de dois pilotos fornece uma camada crítica de redundância no cockpit no caso de um piloto ficar incapacitado ou prejudicado por razões médicas durante o voo. Caso a incapacitação aconteça durante a operação de um piloto único, um piloto remoto seria responsável por voar e pousar a aeronave com segurança. Essa abordagem é inaceitavelmente arriscada porque uma assistência remota carece de plena consciência situacional de um piloto a bordo, alerta.

Embora as incidências de incapacitação do piloto em voo são estatisticamente raras, o grande volume de atividade de aviação aérea em todo o mundo é tal que ocorrem com alguma frequência. Quando ocorrerem em aeronaves de linha aérea, o piloto restante deve ter a sorte de ser capaz de gerenciar uma descida e pouso de emergência. No entanto, eventos como esse em um futuro onde operações aéreas monopiloto serão padrão, representa um risco elevado. Um artigo da NASA de 2014, citando um estudo conduzido pelo Instituto Aeromédico FAA, relatou 39 incidentes registrados de piloto com incapacidade médica durante o voo durante os seis anos do período de 1993 a 1998. A frequência desses eventos pode aumentar no futuro como resultado de uma população-piloto envelhecida e a probabilidade de tornar-se incapacitado em voo aumenta com a idade do piloto. Além disso, espera-se que a atividade da aviação comercial continue crescendo junto com a economia mundial pelo menos nas próximas duas décadas. As operações de piloto único são incapazes de mitigar esta preocupação crescente.

## Adaptando-se às condições de mudança

Os pilotos frequentemente mitigam a segurança e o risco, adaptando-se às mudanças circunstanciais, o que inclui a direção do tráfego aéreo, controle, clima, mau funcionamento do sistema, congestionamentos de aeroporto e desvios de voos. Essa capacidade de adaptação a um ambiente dinâmico é crítica: de acordo com dados da FAA, apenas um em cada 10 voos está em conformidade com o plano originalmente inserido no sistema de gerenciamento de voo de uma aeronave.

No entanto, o erro do piloto é frequentemente citado como um fator causal em incidentes e acidentes aéreos, dando a entender que os pilotos humanos constituem um elo fraco em termos de segurança. O corolário é que minimizar ou talvez até eliminar o humano no cockpit melhoraria a segurança. No entanto, esta tese é fundamentalmente

falha, em grande parte porque depende de um conjunto de dados unilateral: casos em que os acidentes ou incidentes ocorreram. Não há um estudo abrangente do número de acidentes e incidentes que são evitados devido a ações do piloto.

No entanto, existem muitos exemplos de incidentes nos quais o raciocínio rápido e as ações de mais de um piloto no cockpit evitaram o desastre. Em operações de monopiloto e, em menor grau, operações com tripulação reduzida, essa camada de segurança estaria comprometida, representando um risco inaceitável. Esse risco aumentado está presente mesmo quando descontada a possibilidade de incapacitação do piloto.

## Os malefícios da assistência remota ao piloto

A assistência remota ao piloto, em que os pilotos no solo ajudam os pilotos a bordo e assumem o controle da aeronave, se necessário, foi oferecida em resposta ao excesso de trabalho e incapacitação nas questões inerentes às operações de piloto único. No entanto, outras questões, incluindo a perda de habilidades em comunicações não verbais no cockpit, o potencial para interrupções de comunicação entre o cockpit e controle de tráfego aéreo e a segurança da cabine de comando configuram como problemática a dependência de pilotos terrestres.

## Redução ou perda de comunicações não verbais

As pessoas na vida cotidiana confiam em informações de comunicações não verbais e sinais: acenos de cabeça, movimentos e expressões faciais e ações físicas que confirmam que uma tarefa está sendo executada ou uma mensagem foi ouvida. Esses sinais são especialmente importantes no cockpit, onde os pilotos estão constantemente envolvidos em uma infinidade de tarefas. Em operações de piloto único remotamente assistidas,

esta importante via de comunicação está praticamente perdida. Os pilotos expressaram claramente que preferem comunicações face a face em vez de comunicações de rádio. Além da preferência do piloto, existem razões para preservar esta forma de interação do piloto.

A falta de comunicação não verbal pode causar confusão sobre papéis e responsabilidades em qualquer momento durante um voo. A NASA realizou simulações em que dois pilotos foram submetidos a diferentes cenários de voo incomuns em duas condições: na primeira os pilotos foram colocados em uma sala, na segunda eles estavam em quartos separados, mas capazes de se comunicar por microfone. O estudo descobriu que muito mais incidentes de confusão sobre papéis e responsabilidades ocorreram quando os pilotos estavam separados do que quando estavam juntos. Esses incidentes ocorreram principalmente porque o outro piloto estava fazendo em algum momento, a má interpretação dos procedimentos de aproximação e aterrissagem e a localização do material de informação.

Embora os sinais físicos possam ser substituídos por comunicações verbais via rádio, essa abordagem pode adicionar um número impraticável de trabalho à lista de tarefas do piloto.

## Dificuldades do piloto em solo

Se o objetivo final é realizar uma redução da força de trabalho, cada piloto remoto em solo deverá monitorar vários voos a qualquer momento. Durante operações normais, esta é uma expectativa razoável, uma vez que os pilotos no cockpit devem estar cientes das posições e vetores de outras aeronaves além das próprias conforme necessário durante o voo. No entanto, quando surgem condições imprevisíveis, verificou-se que os pilotos remotos em solo podem ter dificuldade na compartimentação do estado de cada voo. Isso leva o piloto a confundir informações

sobre voos e tomar decisões com base em informação errada. A fim de mitigar esse risco, o controle remoto de pilotos em solo deve ser capaz de lidar apenas com um único voo, limitando assim a economia de custos que poderia ser feita eliminando um piloto no cockpit.

## Interrupções de comunicação

Comunicações de voz e dados seguros e infalíveis entre o solo (o piloto remoto e o controle de tráfego aéreo) e o cockpit são absolutamente necessários para assistência remota ao piloto, que por sua vez é uma necessidade provável para operações de piloto único.

Somente em 2018, ocorreram vários casos de perda de comunicação com aeronaves - normalmente durante a transferência de um controlador de tráfego aéreo para outro - que foram considerados graves o suficiente para EMBARALHAR jatos de combate para investigar as aeronaves afetadas. Durante as operações de piloto único, se o piloto a bordo ficar incapacitado e a comunicação com o solo for perdida, o resultado pode ser catastrófico. Mesmo sem essa incapacitação, o risco para a aeronave e os passageiros é aumentado, uma vez que o piloto único teria que assumir funções de navegação para compensar a perda de fontes de informação externas.

## Segurança em risco

A redução para único piloto não apenas diminui a segurança física do cockpit, mas também a cibersegurança dele. Os recursos de comunicação necessários para controlar aeronaves remotamente do solo podem introduzir novas vulnerabilidades no sistema, já que as funções da aeronave precisam estar abertas para operação por controle remoto. Embora autoridades dos EUA admitiram que o drone não funcionou bem, o incidente ressalta a necessidade de segurança, a criptografia de links de comunicação entre o cockpit e um piloto remoto.

A criptografia é problemática por pelo menos duas razões. Primeira, no caso de voos internacionais, países têm diferentes leis que regem - e em alguns casos proibindo - o uso de criptografia em seu espaço aéreo. Em segundo lugar, a criptografia introduz atrasos na transmissão do sinal, ou latência, durando até alguns segundos. Esses atrasos podem representar desafios de controle para um piloto remoto.

Os regulamentos de segurança no transporte aéreo exigem que o comandante seja o coordenador de segurança a bordo. Nessa função, o comandante é responsável por dirigir as ações de outros tripulantes tanto para questões rotineiras de segurança (por exemplo, passageiros indisciplinados) quanto para situações de crise (por exemplo, ataques contra o cockpit, suspeita de IED). O capitão conta com o primeiro oficial (copiloto) particularmente para ajudar a pilotar a aeronave e ajudar com todas as outras funções associadas a eventos de segurança, que podem incluir extensas comunicações e coordenação com os comissários de bordo durante um grande segmento de um voo.

## Resumo: necessidade de múltiplos pilotos

- Os dois pilotos no cockpit têm diferentes funções:
  - Um pilota a aeronave, o outro monitora
  - Esses papéis podem ser alternados ou trocados
  - Sob muitas condições, a atenção de ambos os pilotos é necessária
- Vários estudos da NASA e da FAA observaram os perigos de reduzir ainda mais a tripulação de voo
- O piloto de solo ou um sistema autônomo não podem compensar uma incapacidade do piloto no cockpit
- A operação remota abriria novas portas de vulnerabilidades cibernéticas em aeronaves

- A flexibilidade do piloto é essencial - apenas um em cada 10 voos está em conformidade com o plano de voo original
- Pilotos em solo e sistemas autônomos não substituem com eficiência um segundo piloto na cabine de comando
  - Nenhum dos dois pode se comunicar tão bem quanto um segundo piloto
  - Os pilotos em solo devem dividir a atenção, e podem ter a comunicação cortada
  - Sistemas autônomos não são suficientemente capazes analiticamente ou fisicamente

## Seção 2: operações aéreas com piloto único: um risco que não vale a pena

Segurança e proteção são as principais prioridades para a indústria aérea e a aviação como um todo: sem elas não haveria a indústria da aviação. Para manter e melhorar nosso alto nível de segurança, os regulamentos federais de aviação dos EUA exigem um número mínimo de pilotos qualificados que devem estar ativos e engajados no cockpit em todos os momentos dos voos de companhias aéreas que transportam passageiros ou carga. Para a maioria dos voos, o mínimo seguro são dois; o número aumenta para voos de longo curso, onde a fadiga pode se tornar um problema. Os múltiplos pilotos são necessários para dividir a considerável carga de trabalho que os aviões de passageiros implicam, monitorar a saúde e as ações do piloto em comando da aeronave, a trajetória de voo da aeronave, e os estados do sistema, assim como assumir o controle se o piloto em comando ficar incapacitado por qualquer razão. Eliminar esta camada crítica de redundância reduziria inevitavelmente a segurança de voo, fato bem documentado tanto em pesquisa técnica quanto na experiência comprovada do piloto.

Em grande medida, a redução da segurança decorre do aumento da carga de trabalho e de estresse que as operações de piloto

único imporiam ao piloto remanescente, particularmente durante a decolagem e o pouso ou sob circunstâncias imprevisíveis. Estas incluem condições climáticas adversas, avarias em equipamentos e desvios de rota de voo - eventos que os pilotos lidam rotineiramente e são mais equipados para atender.

Em operações com tripulação reduzida ou piloto único, a combinação de sistemas autônomos e pilotos em solo com a capacidade de controlar a aeronave seria esperada para compensar parcialmente a carga de trabalho extra. No entanto, numerosos estudos da NASA e outros indicam que essas soluções propostas não fornecem a mesma margem de segurança do que ter um segundo piloto qualificado no cockpit. Para aumentar a carga de trabalho ainda mais, operações reduzidas ou monopiloto impactam negativamente a comunicação e desempenho do piloto no cockpit. Além disso, existem muitos exemplos de incidentes em que dois pilotos no cockpit foram necessários para a recuperação de um equipamento com mau funcionamento que, de outra forma, provavelmente resultaria em um acidente.

## Operações de piloto único aumentam a carga de trabalho para o piloto restante

É necessário ter dois pilotos no cockpit para lidar com as tarefas de voo de uma companhia aérea. Uma riqueza de evidências objetivas mostra que as operações de piloto único aumentam significativamente a carga de trabalho, a ponto de comprometer a segurança de voo devido a um aumento concomitante de erros e tarefas excedentes. Um artigo da NASA de setembro de 2017 sobre os efeitos das operações de piloto único ilustra este perigo para a segurança. O documento descreve um experimento da NASA/FAA envolvendo 36 pilotos que voou

sete cenários de voo - apenas um dos quais era nominal - com dois tripulantes, piloto único e condições de tripulação reduzida. Para o experimento, foi usado um Boeing 737-800 em simulador de voo. Descobriu-se que a carga de trabalho do piloto aumentou significativamente em operações de piloto único nos cenários fora do previsto, que variaram de vazamentos hidráulicos relativamente benignos para problemas mais graves como falhas de gerador duplo. Os organizadores do experimento encontraram uma correlação direta entre o aumento da carga de trabalho e a incidência de erros do piloto, com consequente diminuição da segurança geral.

Uma solução proposta para compensar esse aumento da carga de trabalho é o uso de pilotos em solo. No entanto, uma análise de tarefas publicada em 2015 pela NASA mostra que tal assistência não compensa suficientemente o aumento da carga de trabalho encontrada em operações de piloto único. Esta análise mostrou que sob condições não previsíveis, como um desvio de rota, o número de tarefas para um piloto a bordo assistido por pilotos remotos aumentou em até 24% em comparação com o montante normalmente manuseado pelo comandante durante operações padrão de dois pilotos. Além disso, para fazer sentido financeiro como um substituto para operações padrão de dois pilotos, operadores terrestres (pilotos) teriam que ser responsáveis por várias aeronaves a qualquer momento. No entanto, de acordo com um experimento da NASA que examinou essa abordagem, os pilotos podem ter dificuldade em dividir problemas enfrentados por essas diferentes aeronaves.

A assistência ou intervenção de um piloto em terra seria igualmente dificultada por atrasos nas transmissões de comunicação introduzidos pela necessária encriptação do sinal. Sem essa encriptação, estes sinais correriam o risco de ser adulterados por pessoas não autorizadas.

## Interação remota impede a comunicação

Uma vantagem significativa do atual requisito de dois pilotos é a coordenação estreita possibilitada pela co-localização. Os pilotos manifestaram preferência pela partilha de locais num estudo da NASA de 2014. No estudo, 20 pilotos (10 tripulações de dois pilotos) efetuaram seis voos simulados que envolviam um desvio de rota de voo. Os pilotos voaram em duas condições: uma em que os pilotos estavam situados lado a lado e outra em que eram mantidos em salas separadas. Embora estes pilotos tenham sido capazes de realizar as tarefas necessárias em ambas as condições, manifestaram uma clara preferência pela localização compartilhada. A colocação facilita as comunicações não verbais - sinais físicos que indicam que uma tarefa está sendo executada ou uma mensagem foi recebida, para citar dois exemplos. Sem a localização compartilhada, os investigadores observaram uma incidência muito maior de confusão entre os pilotos, principalmente em relação às ações e procedimentos de aproximação do outro piloto. Além disso, num questionário pós-simulação, a maioria dos pilotos participantes classificou a sua carga de trabalho global como mais elevada quando separados. Na ausência de sinais físicos naturalmente presentes em operações com dois pilotos, todas as comunicações entre o piloto que pilota a aeronave e um piloto de apoio em terra teriam de ser efetuadas verbalmente, com um número impraticável de tarefas adicionais.

## A dependência de sistemas automatizados afeta o desempenho do piloto

O aumento da dependência das tecnologias de automatização, existentes ou novas, é a base das operações com tripulação reduzida e operações com piloto único. Embora esta tecnologia tenha sem dúvida contribuído para os atuais níveis de segurança da aviação

comercial, está longe de poder substituir o segundo piloto na cabine de pilotagem sem afetar a segurança.

Os sistemas robóticos e autônomos são ainda propensos a falhas, o que aumenta a carga de trabalho dos pilotos.

De acordo com um estudo de 2012 conduzido pela NASA sobre riscos da automação, quando um erro é cometido por um sistema autônomo, a carga de trabalho do piloto aumenta devido ao trabalho necessário para eliminar a ação errada do sistema. À medida em que os sistemas autônomos se tornam mais complexos, como inevitavelmente acontecerá, a probabilidade de erros aumentará, possivelmente ao ponto de anular quaisquer benefícios que poderiam proporcionar:

*“Atualmente, a perspectiva de acrescentar uma tomada de decisão autônoma significativa numa aeronave pilotada é encarada com algum grau de preocupação quanto à capacidade do sistema de acrescentar valor sem acrescentar risco.”* Além disso, uma maior dependência de sistemas automatizados pode ter um impacto negativo no desempenho dos pilotos. O estudo da NASA de 2012, que recorreu a entrevistas com peritos da indústria, do governo e do meio acadêmico, encontrou uma série de problemas de desempenho dos pilotos associados a uma maior dependência de sistemas autônomos para a tomada de decisões. Sistemas autônomos que são altamente confiáveis - mas não 100% - podem levar à complacência no cockpit, uma vez que os pilotos se tornam menos vigilantes em seu monitoramento.

Os sistemas autônomos também podem degradar a consciência situacional do piloto ao mascarar alterações no estado e no desempenho do sistema da aeronave. Estas mudanças podem acumular-se ao longo do tempo e levar o piloto a tomar decisões baseadas em informações incompletas ou imprecisas. A dependência de sistemas autônomos também pode corroer as

competências dos pilotos, uma vez que muitos deles podem cair em desuso. De fato, a FAA encorajou as companhias aéreas a desenvolverem procedimentos para garantir que os pilotos mantenham as suas competências operacionais durante a formação e as operações de voo. De um modo geral, quando eventos inesperados requerem intervenção humana, os pilotos que utilizaram o piloto automático durante um longo período de tempo podem ter dificuldade em voltar ao modo ativo.

## As operações com um piloto não contemplam o problema da incapacitação

Dois pilotos no cockpit é a única defesa confiável contra a possibilidade de um deles ficar incapacitado durante o voo. Os pilotos de bordo podem ficar incapacitados por uma série de razões, incluindo problemas de saúde, como um ataque cardíaco ou até mesmo intoxicação alimentar. Embora as hipóteses de um piloto ficar incapacitado ou prejudicado durante o voo sejam estatisticamente baixas, o grande volume de tráfego aéreo comercial a nível mundial traduz-se em múltiplos incidentes todos os anos. Nas operações normais de dois pilotos, uma das principais responsabilidades do piloto que não está em comando - o piloto de monitoramento - é monitorar a condição física do piloto que está efetivamente pilotando a aeronave. O piloto remoto também está atento a erros ou declínios na capacidade cognitiva do piloto que está em comando.

Em operações com um só piloto, esta camada crítica de redundância é perdida. A capacidade de monitorar a saúde do piloto de forma confiável, usando sistemas automatizados, exigirá avanços significativos na tecnologia. Além disso, um piloto em solo que pode estar conduzindo diversas aeronaves em um determinado momento pode simplesmente não responder tão rapidamente a uma situação em que o piloto a bordo esteja incapacitado, como seria com

um piloto ao seu lado no cockpit. Além disso, embora se suponha que um piloto em solo assumirá o controle da aeronave se o piloto a bordo ficar incapacitado, este piloto remoto ficaria indisponível para outras aeronaves que podem precisar de assistência, caso seja designado para tentar apoiar vários voos.

## São necessários dois pilotos para a segurança da cabine de comando

A cabine de comando de uma aeronave é o ponto central de todas as medidas de segurança da aviação, tanto em terra quanto no ar. A segurança de uma operação aérea é determinada pelos pilotos nos comandos, por isso os vários níveis de segurança do sistema atual servem, antes de mais nada, para proteção deles e de seu ambiente de trabalho. Para além das medidas de segurança externas que protegem a cabine de comando, o comandante e o primeiro oficial (copiloto) também desempenham funções para protegê-la, o que, por extensão, protege os seus passageiros e toda a tripulação.

O comandante atua, por regulamento, como coordenador da segurança a bordo e é assistido no desempenho dessa função pelo primeiro oficial (copiloto) e pela tripulação de cabine. O programa anti-sequestro da TSA baseia-se nos dois pilotos que trabalham em conjunto e com a tripulação de cabine dos aviões de passageiros para combater os vários níveis e tipos de ameaças que possam surgir. Durante um evento de segurança real, um piloto deve concentrar-se em pilotar a aeronave enquanto o outro se ocupa da ameaça (por exemplo, intruso na cabine de pilotagem, suspeito de dispositivo explosivo improvisado a bordo, passageiro indisciplinado, passageiro armado, etc.), juntamente com a tripulação de cabine, se for o caso disso. Outro aspecto da segurança da cabine de comando é a necessidade de os pilotos abandonarem o cockpit por razões fisiológicas, o que, no caso de uma operação com um único piloto, deixaria os

comandos sem ninguém durante um período prolongado e tornaria a cabine de comando muito mais suscetível a uma ameaça de desvio de controle.

## Dois pilotos são a melhor defesa durante a crise

O nível de habilidade, experiência e profissionalismo do piloto estão no topo da lista de razões pelas quais a aviação comercial é o meio de transporte mais seguro do mundo. Ter dois pilotos na cabine o tempo todo garante que, quando erros raros ocorrem, eles são rapidamente identificados e corrigidos. Pilotos se adaptam rotineiramente à mudança de circunstâncias durante o voo, incluindo falhas de máquinas ou equipamentos que podem aumentar o perigo de um acidente. Embora as estatísticas não sejam mantidas em acidentes ou incidentes evitados pela ação do piloto, muitos incidentes registrados de emergências de aviação podem ilustrar onde isso aconteceu. Notavelmente, em cada um dos exemplos a seguir, uma tripulação de pelo menos dois pilotos foi necessária para evitar o desastre: -

- Em julho de 1989, uma aeronave DC-10 da United Airlines, de Denver com destino a Chicago, foi desviado para Sioux City, Iowa, devido a uma falha no motor que resultou em uma perda de hidráulica e de controle de voo. Os controles eram tão pesados que precisou de dois pilotos para pousar a aeronave de uma maneira que salvou a maioria dos passageiros - sem contar o piloto em comando como um passageiro que veio da cabine para trabalhar os aceleradores. Posteriormente, os investigadores elogiaram o desempenho da tripulação de voo por terem superado, em muito, as expectativas.
- Em janeiro de 2009, um voo da US Airways, que partiu de Nova York para Charlotte, na Carolina do Norte, pousou no rio Hudson logo após a decolagem, depois que uma colisão com um pássaro causou uma falha dupla no motor. Porque o evento ocorreu em baixa altitude, exigia dois pilotos a bordo trabalhando em estreita coordenação para pousar a aeronave em segurança no rio. De acordo com o Conselho Nacional de Segurança nos Transportes, a decisão do capitão, de mergulhar no rio em vez de tentar chegar a um aeroporto, melhorou as chances de sobrevivência. Além disso, a decisão da tripulação de ativar a unidade de energia auxiliar da aeronave no início da emergência, o que não estava de acordo com as listas de verificação, garantiu a disponibilidade de equipamentos elétricos e foi essencial para o resultado. Todas as 155 pessoas a bordo da aeronave foram resgatadas.
- Em abril de 2018, um voo da Southwest Airlines, que partiu de Nova York com destino a Dallas, teve de ser desviado para a Filadélfia depois de uma explosão do motor em grande altitude. Os detritos do motor quebraram uma janela na cabine, e a descompressão resultante puxou um passageiro parcialmente fora da aeronave. Apesar da dificuldade manobrando a aeronave, a tripulação foi capaz de pousar com segurança (o passageiro sentado ao lado da janela quebrada não sobreviveu), tudo enquanto se comunicava com a cabine e o controle de tráfego aéreo, e realizando as listas de verificação. Em uma entrevista após o incidente, a capitã Tammie Jo Shults, descreveu a coordenação com o primeiro oficial no pouso seguro da aeronave: "Nós dividimos o cockpit e eu pilotava e falava um pouco do lado de fora e ele cuidava de todo o resto".
- Em agosto de 2001, um voo da Air Transat, que saiu de Halifax, Nova Escócia, para Lisboa, Portugal, perdeu ambos os motores durante a descida, devido a um vazamento de combustível. O capitão e o primeiro oficial conseguiram planear o avião com sucesso, apesar das condições noturnas, instrumentação limitada e capacidade de manuseio da aeronave severamente degradada. Um único piloto teria sido incapaz de avaliar a situação ao calcular dados de desempenho de planeio.

Em todos esses exemplos, a co-localização dos pilotos e sua capacidade de adaptação às circunstâncias foram chave para evitar o desastre. As operações de piloto único eliminaram ou reduziram esses fatores de segurança de voo.

Além disso, um estudo da NASA/FAA de 2017 sobre piloto único e operações com tripulação reduzida indica que, as operações de piloto único, não são aceitáveis em uma emergência devido ao aumento da carga de trabalho do piloto:

*“Os pilotos conseguiram superar as circunstâncias apresentadas, mas classificaram a carga de trabalho, segurança e aceitabilidade como sendo inaceitáveis em uma condição de emergência. Havia notáveis decréscimos no desempenho de voo em comparação com operações de dois tripulantes, que sugerem margens de segurança reduzidas inaceitáveis.”*

Além disso, conforme descrito nas seções anteriores, o relatório também observou que, em operações com tripulação reduzida ou piloto único, casos de incapacitação do piloto, ou deficiência, podem ser “catastróficos”. O estudo concluiu que automação .o e tecnologias de piloto automático precisariam ser introduzidas para resolver estas e outras questões relacionadas com tripulação reduzida ou operações de piloto único.

## Resumo: Operações de piloto único em companhias aéreas: um risco que não vale a pena

- Durante a decolagem, pouso e crises, a carga de trabalho do cockpit é demais para um piloto lidar
  - Durante as operações normais, um operador remoto só pode apoiar um único piloto

- Mesmo assim, capacidade e comunicação são limitados, o que significa mais trabalho para o piloto em comando - De outra forma, remover um piloto sobrecarrega o piloto restante e os limita em uma crise

- Os pilotos remotos podem ter dificuldade seccionando o estado de cada voo monitorado
- Sistemas autônomos podem ter perfeita consciência de uma aeronave e ainda não conseguem comunicar um problema ou solução
- O espaço aéreo nacional é projetado com dois pilotos e suas capacidades mentais
  - Vários pilotos permitem a verificação cruzada e perceber erros cometidos pelo outro piloto ou sistemas de voo
  - Múltiplos pilotos melhoram muito coordenação entre voo e equipe de cabine - Múltiplos pilotos tornam mais segura a cabine de comando

## Seção 3: política e opinião públicas sobre as operações de piloto único

As operações com piloto único devem satisfazer os requisitos e prioridades da política de aviação antes de poderem ser implementadas nas aeronaves. No passado, essa política incluía a transição de uma tripulação de três para duas pessoas. Esta transição exigia que a tripulação de duas pessoas demonstrasse os mesmos níveis de segurança que uma tripulação de três pessoas. No entanto, as operações com um só piloto não conseguem atingir os níveis de segurança de uma tripulação de duas pessoas; a transição de três pilotos para dois reduz a redundância, enquanto a transição de dois para um a elimina. A política pública atual e os pareceres sobre segurança aérea afirmam que o ambiente atual é desfavorável às operações com um só piloto.

A FAA e os Regulamentos Federais da Aviação (FARs) existem para supervisionar e reger as medidas de segurança, que existem para garantir a segurança, principal prioridade da aviação. Embora as operações possam apresentar potenciais benefícios econômicos, o voo com piloto único apresenta riscos para a segurança. Por conseguinte, as operações com piloto único não se coadunam com as prioridades da FAA ou regulamentos federais ou FARs. Além disso, as FARs estipulam a necessidade de um mínimo de dois pilotos na na cabine de pilotagem. A necessidade de dois pilotos é expressa em regulamentos relativos à divisão de trabalho, normas de concessão de veículos, limitações de serviço e operações computadorizadas e sob demanda.

A opinião pública também se opõe às operações de piloto único. Os dados das sondagens mostram que os americanos se sentem desconfortáveis com o voo automatizado, mesmo com passagens aéreas mais baratas. O público também acredita que o governo não deve investir o dinheiro dos contribuintes na automatização dos aviões. Em vez disso, o público classifica como prioridade a segurança, a melhoria do controle do tráfego aéreo, eficiência de combustível e viagens aéreas mais rápidas. Por conseguinte, ao considerar a vontade do do povo, é provável que as alterações legislativas contemplem investimentos nestes domínios acima das operações de piloto único.

## A regulamentação atual não apoia operações com um único piloto

A atual regulamentação federal em matéria de aviação não apoia o desenvolvimento e a implementação de operações com um único piloto. Os operadores aéreos ou as aeronaves devem demonstrar que cumprem as mais elevadas normas de segurança para receberem o certificado para voar. A Organização Internacional da Aviação Civil

(ICAO) considera que a segurança está “no centro dos [seus] objetivos fundamentais”. O Manual de Gestão da Segurança da ICAO define a segurança da aviação como “o estado em que a possibilidade de danos pessoais ou materiais é reduzida e mantida a um nível aceitável ou inferior, através de um processo contínuo de identificação dos perigos e de gestão dos riscos de segurança”. A segurança deve estar presente em todas as fases do processo de aviação, desde a concepção da aeronave ao licenciamento do pessoal.

As análises efetuadas por peritos sustentam que o nível de risco aceitável para as aeronaves certificadas ao abrigo do título 14 CFR, Parte 121 (regras para operações regulares) é zero. Por conseguinte, tendo em conta os riscos inerentes às operações com um único piloto, seria proibitivamente difícil para uma aeronave comercial com apenas um piloto cumprir os regulamentos federais de segurança. Além disso, várias secções do 14 CFR estipulam a necessidade de operações com dois pilotos, incluindo as relacionadas com a divisão do trabalho, normas de trabalho, normas de concessão de veículos, limitações de serviço e operações sob demanda.

## Divisão de trabalho na cabine de comando

A Parte 121 estabelece as regras para as transportadoras aéreas regulares, quer sejam companhias regionais ou grandes companhias aéreas. Duas secções da Parte 121 prescrevem especificamente pelo menos dois pilotos em muitas circunstâncias particulares. Por exemplo, a Parte 121.385 prescreve os requisitos para a composição da tripulação de voo em operações comerciais e refere-se à carga de trabalho aceitável para um piloto. Nesta decisão, um piloto não é suficiente para cumprir os requisitos para a realização de múltiplas tarefas no cockpit. Em vez disso, seriam necessários dois pilotos para satisfazer os níveis de segurança. Esta secção também estabelece que a tripulação mínima

de pilotos para as transportadoras aéreas regulares é de dois pilotos, e a companhia aérea deve designar um piloto como piloto em comando e o outro como segundo piloto em comando.

Além disso, a seção 121.543 faz referência a operações com dois pilotos no que diz respeito aos membros da tripulação de voo no controle. Esta norma descreve as qualificações adequadas do segundo piloto em comando que atua como piloto comandante quando o piloto original está descansando. Ainda, a Seção 543 enumera a presença de outro piloto como uma das condições em que o piloto comandante pode abandonar o cockpit.

## Padrões de projetos de aeronaves

Os regulamentos mostram que os projetos de aeronaves atualmente exigem a presença de dois pilotos. O CFR (Código de Regulamentos Federais) contém os padrões de aeronavegabilidade para a categoria de transporte por aeronaves. A Parte 25 faz referência à necessidade de vários tripulantes, particularmente nas Seções 777 e 1357. A linguagem na Parte 25/777 denota a presença de vários tripulantes quando menciona que "os controles devem estar localizados e dispostos, em relação aos assentos dos pilotos, de modo que há movimento total e irrestrito de cada controle sem interferência da estrutura do cockpit . . .". Enquanto isso, a Parte 25/1457 fornece requisitos para gravadores de voz do cockpit. A seção requer a instalação de um microfone montado no cockpit, localizado na melhor posição para gravação de comunicações de voz com origem na primeira e na segunda estações piloto.

## Limitações de serviço e requisitos de descanso

A Parte 117 do CFR prescreve limitações de voo e serviço, requisitos de descanso para todos os membros da tripulação de voo e

detentores de certificados para operações de condução de passageiros. A seção 17 da Parte 117 especifica os períodos de serviço para tripulação de voo aumentada. Uma tripulação de voo aumentada tem mais tripulantes do que o número mínimo normalmente requerido, permitindo a rotação de tripulantes. Esta capacidade de rotação permite que a tripulação faça os períodos de descanso necessários durante alguns voos comerciais de longo curso. As operações monopiloto eliminariam a tripulação aumentada e a capacidade do piloto de descansar durante os voos - o que poderia, potencialmente, levar à incapacitação e riscos de voo. As operações com tripulação reduzida também comprometem a tripulação de voo mínima identificada para operações seguras de longa distância.

## Operações de passageiros e sob demanda

A Parte 135 prescreve as regras para operações de passageiros e sob demanda. Como as operações certificadas pela Parte 135 são sob demanda e voos fretados programados, esta parte não requer sempre dois pilotos no cockpit. No entanto, alguns operadores da Parte 135 ainda operam com dois pilotos no cockpit para garantir a segurança dos passageiros. Os requisitos dependem do tamanho da aeronave e do número de pessoas a bordo. Também dependem se o voo seria operado sob as regras de voo por instrumentos (IFR) ou regras de voo visual (VFR). No IFR, o piloto deve confiar apenas em instrumentos para fazer julgamentos seguros, o que requer um alto nível de consciência situacional. O piloto também deve ter uma carga de trabalho balanceada para evitar interrupções nas comunicações com o Controle de Tráfego Aéreo.

Consequentemente, o uso de operações de piloto único - que estudos mostraram aumento da carga de trabalho - para IFR exigiria ampla demonstração de segurança para cumprir o regulamento. Adaptabilidade apropriada de sistemas automatizados ao

lidar com desorientação espacial, condições meteorológicas, carga de trabalho e o nível geral de precisão necessários para o voo por instrumentos teriam que ser substancialmente verificados.

## As políticas da Administração Federal de Aviação desencorajam as operações de piloto único

O material de orientação da FAA joga luz sobre sua cautela em apoiar operações de piloto único. A circular consultiva 25.1523 da FAA oferece orientações para o cumprimento com os requisitos do CFR 25.1523, que diz respeito à certificação de aeronavegabilidade, requisitos para tripulação de voo mínima em aviões da categoria transporte. Nele, a FAA oferece considerações claras sobre os riscos envolvidos na certificação de operações monopiloto. O CFR afirma que a tripulação de voo mínima deve ser estabelecida de modo que seja suficiente para a segurança da operação, considerando a carga de trabalho de cada tripulante, a acessibilidade e facilidade de operação dos controles necessários pelo tripulante. Embora a linguagem não proíba a certificação da categoria de transporte aéreo com apenas um piloto, a Circular Consultiva da FAA menciona que a agência tem relutado em aprovar operações de piloto único.

A incapacidade do piloto é uma das razões para essa relutância. Dados disponíveis até a assinatura da Circular Consultiva expuseram uma série de incapacitações de pilotos e fatalidades relacionadas às Partes 135 e 121 do CFR, sobre os requisitos operacionais. Na Circular Consultiva, a FAA explica que houve 32 ocorrências de incapacitação do piloto em operações da Parte 135, resultando em 32 mortes, todas as quais o NTSB (Conselho Nacional de Segurança de Transporte) atribuiu às operações de piloto único. Enquanto isso, sob operações da Parte 121 - que requerem dois pilotos no cockpit - os incidentes de incapacitação nunca levaram a uma única fatalidade. A FAA faz esta observação, afirmando que "em relação às

operações da Parte 121 no mesmo período, houve 51 ocorrências de incapacitação do piloto que resultaram em uma recuperação normal da aeronave pelo outro piloto".

Dados mais recentes revelam uma situação semelhante. Relatórios do Australian Transport Safety Bureau revelaram que, entre 2010 e 2015, se registaram, em média, 23 ocorrências de incapacitação de pilotos por ano, 75% das quais em operações de transporte aéreo de alta capacidade. Os relatórios revelaram ainda que, com tripulações múltiplos pilotos, a incapacidade teve um efeito mínimo no voo. Entretanto, nas operações de aviação geral com piloto único, a incapacidade implicava frequentemente o regresso ao aeródromo de partida ou mesmo a colisão com o terreno.

Para além das preocupações com a incapacidade dos pilotos, a FAA também se opõe explicitamente à utilização de UAS para o transporte de passageiros. O Despacho 8130.34D relativo à certificação da aeronavegabilidade de sistemas de aeronaves não tripuladas e de aeronaves pilotadas opcionalmente fornece um modelo de formulário de limitações operacionais para UAS. Neste formulário, a FAA proíbe a operação de UAS para transportar pessoas ou bens por compensação ou aluguel. A proibição é aplicável a todos os voos de aeronaves não tripuladas no NAS. Esta proibição indica ainda a apreensão da FAA relativamente à utilização da pilotagem à distância em aeronaves comerciais.

## A opinião pública opõe-se às operações de piloto único

A opinião pública deve ser levada em conta ao se criar ou alterar uma legislação, uma vez que a legislação deve ser, em última análise, uma expressão da vontade do povo. Atualmente, a opinião pública não está convencida de que as operações de piloto único deveriam se realizar. Além disso, o público não é a favor do dinheiro dos contribuintes ser gasto em estudos que apoiam o desenvolvimento econômico das companhias aéreas. Os resultados das sondagens mostram que outros segmentos

do transporte aéreo são muito mais importantes. As sondagens também mostram que os estudos de apoio à automatização devem ser efetuados por instituições privadas interessadas na maturidade tecnológica dos voos automatizados. A população considera o avião o meio de transporte mais seguro, o que, em parte, é possível graças à presença de dois pilotos em aviões comerciais.

Os inquéritos revelam que o público não apoia o financiamento governamental de estudos sobre a automatização. Uma esmagadora percentagem de 75% dos americanos considera que devem ser as companhias aéreas a pagar a investigação sobre o piloto único, e não o governo. Em vez disso, os americanos acreditam que o dinheiro dos contribuintes deveria ser investido na melhoria de outros segmentos ou processos da aviação. Sessenta e um por cento dos americanos consideram que a segurança, nomeadamente os processos de rastreio, é a área mais importante a melhorar.

A segunda área mais importante é o controle do tráfego aéreo, seguido da eficiência do combustível e viagens aéreas mais rápidas. Em contrapartida, apenas 8% dos inquiridos consideram que o governo deveria investir em tecnologias que levem à redução do número de pilotos na cabine de comando.

O inquérito revelou também que 85% dos americanos se sentiriam desconfortáveis num voo sem piloto. Além disso, as sondagens mostram que o público não está disposto a voar com uma companhia aérea cujos aviões sejam automatizados, mesmo que o bilhete de avião seja mais barato. Sessenta e seis por cento dos americanos não voariam num avião sem piloto, mesmo que a tarifa aérea fosse 30% mais barata.

Um número esmagador de americanos acredita que dois pilotos no cockpit é a melhor opção quando confrontados com problemas urgentes durante o voo. Esta opinião está em consonância com a opinião dos peritos sobre as vantagens de segurança de ter dois pilotos no cockpit. A partilha de tarefas, como a execução de

listas de verificação, é um exemplo de como a segurança é reforçada quando não se voa sozinho. As distrações podem fazer com que um piloto perca o seu lugar, mas com dois pilotos, pode ser utilizado um sistema de resposta mais eficaz. Com dois pilotos a bordo da aeronave, uma pessoa pode identificar a tarefa da lista de verificação a ser executada, enquanto a outra pessoa executa a tarefa. Além disso, estudos concluíram que um único piloto em comunicação com um piloto remoto durante emergências implicaria uma enorme carga de trabalho para um piloto.

## Resumo: política e opinião públicas sobre operações com um único piloto

- A lei atual foi redigida com o entendimento de que são necessários pelo menos dois pilotos para pilotar um avião de grande porte em segurança
  - O projeto/design de uma aeronave requer dois pilotos
  - Os voos de longo curso podem exigir mais tripulações de voo, rodando para manter duas ativas, pilotos ativos e alerta a voar
  - Os voos de longo curso podem exigir mais tripulações de voo, com alternância para manter dois pilotos ativos e alertas em voo
  - A FAA proíbe as aeronaves autônomas de transportar passageiros ou carga a troco de compensação
- Mudar a política de uma forma que comprometa a segurança da aviação será evitada
- Mais de três quartos opõem-se à legislação voltada para financiar investigação em operações de piloto único
- O público não acredita que a aviação autônoma é atualmente segura ou que vale a pena investir nela
  - 96% dos inquiridos deram prioridade a outras I&D no setor da aviação em vez de operações com um só piloto

- 80% acreditam que dois pilotos são a melhor tripulação de voo numa emergência

## Seção 4: obstáculos às operações com piloto único

À primeira vista, é fácil para os defensores da tecnologia e da autonomia provar que as infraestruturas e o clima para as operações com piloto único parecem já estar criados. No entanto, na realidade, muitos obstáculos têm de ser ultrapassados para que as operações de piloto único sejam implementadas. Em primeiro lugar, é necessário um maior desenvolvimento tecnológico. Embora alguns trabalhem com a ideia errada de que a tecnologia necessária para implementar operações com tripulação reduzida e com piloto único já está disponível, na verdade, serão necessários avanços significativos nas tecnologias de automação, comunicações e sensores para fazer a transição sem comprometer a segurança. **Espera-se que algumas destas tecnologias estejam prontas nos próximos 10 anos, mas outras, incluindo a inteligência artificial de alto nível, estão a décadas de distância.**

Entretanto, a FAA está ocupada com uma prioridade muito mais urgente: modernizar o enorme complexo NAS dos EUA para acomodar os aumentos previstos no tráfego aéreo comercial, assim como a introdução de novos veículos, incluindo sistemas de aeronaves não pilotadas. Isto faz parte de uma tendência mundial; a ICAO está trabalhando para criar novas orientações internacionais para as operações aéreas. Produzir esse novo guia, que incorpora novas tecnologias e práticas melhoradas, tem como objetivo aumentar a velocidade e a eficiência das operações das companhias aéreas a nível mundial, sem comprometer a segurança.

As operações com tripulação reduzida e com um único piloto também introduzem novas preocupações em matéria de cibersegurança que teriam de ser resolvidas. Os dados das sondagens também indicam que o público que voa não se sente confortável com a

ideia de operações com um único piloto. Por último, o argumento econômico para as operações com tripulação reduzida e com um único piloto não é tão clara como parece à primeira vista. Embora a redução do número de pilotos na cabine de comando possa resultar numa certa redução dos salários, benefícios e outras despesas, essa conclusão não é evidente. No mínimo, essas poupanças seriam significativamente compensadas pelos custos associados à implementação de operações com tripulação reduzida e à garantia de um quadro de pessoal e de uma remuneração adequada para os pilotos em terra. As insuficiências do cenário econômico poderiam enfraquecer o incentivo à realização de operações com tripulação reduzida ou com um único piloto.

## Ainda há obstáculos tecnológicos

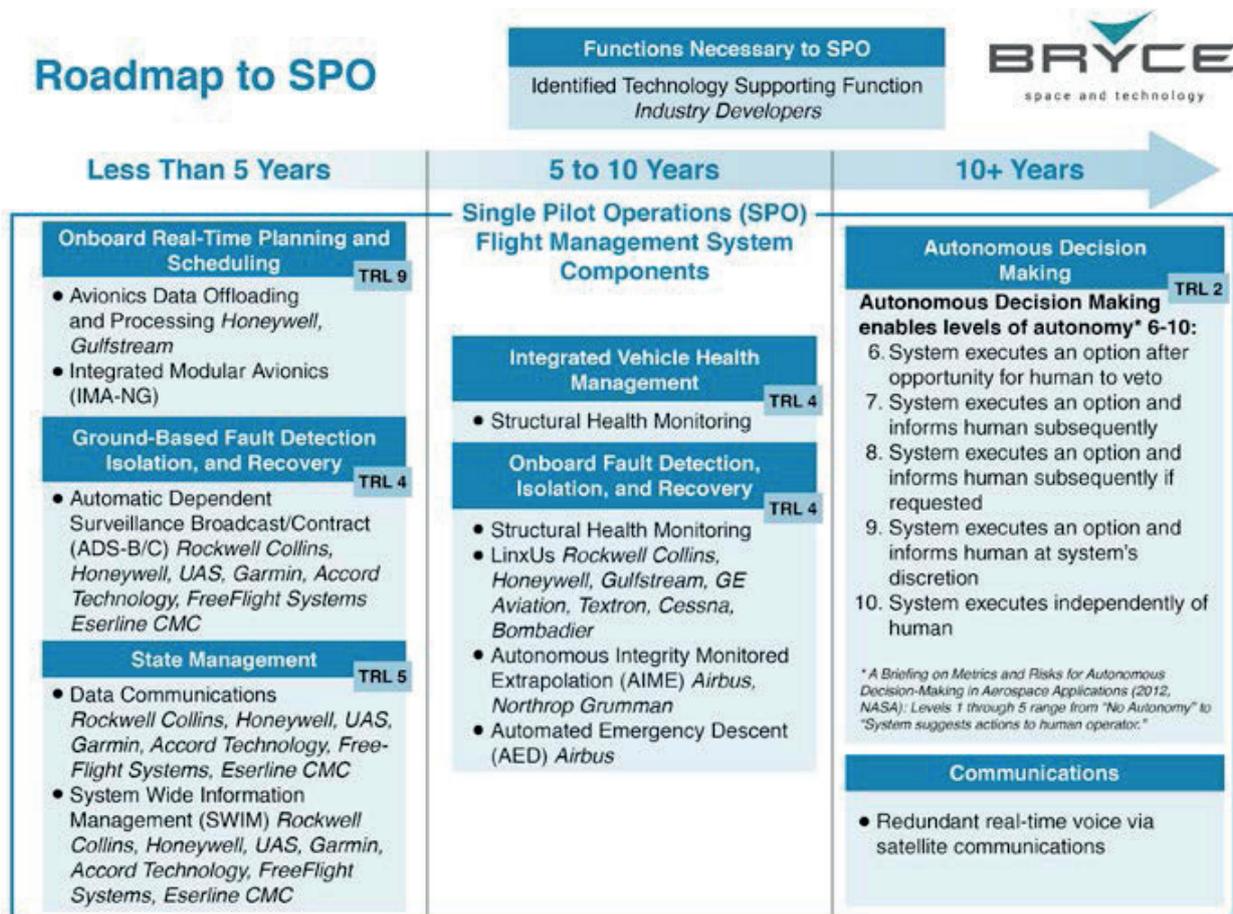
A tecnologia de automatização tem avançado significativamente ao longo dos anos e é uma ferramenta importante que os pilotos utilizam para manter o voo seguro. No âmbito do programa NextGen, a FAA e a NASA trabalham numa série de novas tecnologias de automatização, muitas das quais deverão estar operacionais nos próximos 10 anos. Esta classe de novas tecnologias inclui o Sistema Automatizado de Descida de Emergência, que reduz automaticamente a altitude de uma aeronave em caso de despressurização da cabine; a Vigilância Automática Dependente de Transmissão, que transmite automaticamente a posição, a altitude e outras informações de navegação de uma aeronave a cada segundo; e a Modernização da Automação em Rota, que abrange áreas como o processamento de dados de voo por radar, o apoio às comunicações e a transição da vigilância terrestre para a vigilância por satélite. Espera-se que nos próximos cinco a dez anos estejam disponíveis outras capacidades, incluindo a capacidade de ingerir, analisar e integrar a multiplicidade de fluxos de dados que chegam ao cockpit para produzir informações acionáveis tanto para os pilotos como para os sistemas de piloto automático.

Embora sejam consideradas necessárias para operações com tripulação reduzida ou com piloto único, estas capacidades emergentes não preservarão, por si só, o nível de segurança proporcionado por dois pilotos na cabine de comando. Numerosos obstáculos tecnológicos devem ser ultrapassados antes que as operações com tripulação reduzida e com um só piloto sejam adotadas sem afetar negativamente a segurança das companhias aéreas. A inteligência artificial e o monitoramento/interação máquina-piloto em particular, são dois desafios até atingir os níveis de segurança proporcionados por dois pilotos humanos. Além disso, mesmo que estes desafios tecnológicos fossem ultrapassados, o aumento da dependência crescente da automatização pode ter um impacto negativo no desempenho e na confiança dos pilotos. Essa experiência e percepção negativas por parte do usuário podem comprometer a comunicação tecnológica, constituindo um obstáculo ao desenvolvimento tecnológico.

## Inteligência artificial generativa

Talvez o maior obstáculo tecnológico às operações seguras com tripulação reduzida e com piloto único seja uma forma avançada de inteligência artificial chamada inteligência artificial generativa, ou AGI. Ao contrário das formas existentes ou emergentes de inteligência artificial que podem lidar com tarefas individuais especializadas, a AGI, tal como prevista, replicará eficazmente o julgamento humano num vasto espectro de funções de detecção, análise, tomada de decisões e implementação. Esta capacidade poderá um dia replicar com segurança a redundância no cockpit proporcionada pelo segundo piloto.

No entanto, esta tecnologia é ainda uma construção teórica. Um especialista proeminente neste domínio afirma que a verdadeira AGI está a pelo menos duas décadas de distância.



## Interação e monitoramento máquina-piloto

Para além de ser capaz de agir, sentir e reagir como um piloto humano, a inteligência artificial terá de desempenhar pelo menos duas funções-chave para permitir operações com um único piloto, de acordo com um documento de 2014 da NASA. Estas duas funções são a interação e a troca de tarefas com o piloto humano (comandante) e o monitoramento da saúde e da cognição do comandante.

A interação inclui tarefas como a da máquina informar ao comandante sobre o que está fazendo, confirmar parâmetros importantes, como as definições de altitude, e a recuperação de informações e instruções fornecidas pelo controle do tráfego aéreo. A interação é complicada pelo fato de diferentes tarefas podem ser mais adequadas para o comandante do que para a máquina e vice-versa, num dado momento. A capacidade de redistribuir as tarefas entre os dois, especialmente em circunstâncias não normais, é necessária.

Se o comandante ficar sobrecarregado, deve ser capaz de delegar para a automação com total confiança. Se a máquina tiver de delegar por razões semelhantes, deve ser capaz de justificar e repassar outras informações sobre a situação com antecedência. Esta interação complexa está muito além da capacidade da tecnologia atual.

A capacidade de monitorar remotamente o estado de saúde e a cognição do piloto é também necessária para que os controladores de terra possam assumir o controle de uma aeronave cujo comandante tenha ficado incapacitado durante o voo. Os sistemas necessários para isso devem também detectar os erros cometidos pelo comandante, tal como faria um primeiro oficial (co-piloto) a bordo. Embora alguns aspectos do estado de um piloto possam ser monitorados pela automação, o documento da NASA de 2014 afirma que é improvável que a tecnologia avance para o

nível necessário no período de tempo que alguns preveem para as operações com um único piloto.

Outro documento da NASA publicado em setembro de 2017 afirma que, embora muitas doenças incapacitantes têm indicadores facilmente detectáveis, o estado mental de um piloto é uma proposta muito mais desafiante:

*“A detecção do estado piloto é um problema não trivial para o qual não existe atualmente uma solução 100% confiável. Embora a morte pode ser detectada de forma segura, as condições que prejudicam o discernimento do piloto [por exemplo, hipóxia] podem ser mais difíceis de detectar. A determinação da incapacidade do piloto irá provavelmente exigir o desenvolvimento de novos sistemas de automatização a bordo para avaliar o seu estado, mas também uma avaliação conjunta e a confirmação por parte dos operadores em terra, com base nas suas interações com o piloto a bordo”.*

Os computadores e as máquinas evoluíram muito nos últimos 50 anos, mas a capacidade de ler atentamente, interagir e trocar de papéis com os humanos num ambiente dinâmico ainda está muito para além deles. Isto é ficção científica, não o estado da tecnologia atual.

## Experiência e percepção do piloto

Para além da questão de saber se o nível de automatização necessário para as operações com piloto único é tecnologicamente viável, subsistem preocupações quanto à dependência de tal tecnologia. Uma maior dependência da automação na aviação pode não ser aconselhável:

*“Um requisito fundamental para a implementação das [operações de piloto único] é a automatização avançada que fornece funções de apoio a bordo a um nível muito superior ao que está atualmente*

*disponível nas aeronaves comerciais modernas. Embora possa ser tentador automatizar simplesmente o maior número possível das atuais funções do piloto, distanciar o comandante do voo/missão pode afetar a consciência da situação [SA e a prontidão cognitiva].*

Em outras palavras, a dependência excessiva da automatização pode tirar o piloto do circuito, colocando a aeronave em risco em caso de emergência ou de outras circunstâncias variáveis.

Garantir a confiança dos pilotos é outro obstáculo. Os sistemas robóticos são propensos a falhas que podem minar a confiança dos usuários destes sistemas, corroendo sua utilidade e benefícios. Outros fatores, como comunicações obscuras e um grau desigual de dependência entre o ser humano e a máquina, impedem ainda mais a confiança. Embora a confiança seja necessária para que os seres humanos tirem partido da autonomia, confiar numa autonomia pouco confiável, especialmente num contexto de aviação, é perigoso. Além disso, a falta de confiança e a percepção de segurança podem inibir a aceitação dos sistemas automatizados, o que constitui um obstáculo ao seu desenvolvimento.

## Atualizar o NAS é uma prioridade urgente

Atualmente, a FAA gere cerca de 43.000 voos de passageiros por dia, cujos atrasos custam mais de 26 mil milhões de dólares por ano à economia dos EUA. Cerca de metade destes atrasos são atribuíveis a problemas com a NAS. Para resolver estes problemas, a FAA, com o apoio da NASA, está no meio de um esforço de modernização maciça e há muito adiada do NAS. O NextGen apresenta melhorias drásticas na localização e vigilância de aeronaves por satélite, navegação, automação, gestão do fluxo de tráfego aéreo, comunicações, gestão da informação e monitoramento meteorológico. A FAA descreve o NextGen, cujos elementos

principais deverão estar implementados até 2025, como um dos projetos de infraestrutura mais ambiciosos da história, com um custo estimado em dezenas de milhões de dólares. Os novos participantes no NAS estão aumentando a necessidade desta atualização. Para além do crescimento previsto para a aviação tradicional - incluindo transporte, passageiros e aviação geral - o programa NextGen tem de abordar os novos veículos e serviços que estão entrando no espaço aéreo dos EUA. Os UAS e os veículos comerciais espaciais e de reentrada já estão ativos, enquanto se acredita que os veículos elétricos de decolagem e aterrissagem vertical para o transporte urbano de passageiros estão no horizonte. Este aumento de veículos tem impacto na segurança: só em 2016, foram registrados dois incidentes envolvendo aviões de passageiros e drones, ambos envolvendo voos da Air France durante o pouso. Em 2017, foram registradas duas colisões entre drones e aeronaves ocupadas por pessoas na América do Norte.

Para além das questões de segurança, estes novos operadores são propensos a aumentar os atrasos e os custos gerados pela sobrecarga da NAS. Num documento em que descreve os seus esforços para acomodar os novos operadores, a NASA deu uma ideia da transformação da NAS que precisa de ser efetuada:

*“Para enfrentar estes desafios, o Sistema Nacional de Espaço Aéreo tem de ser transformado num sistema mais escalável, flexível e centrado no usuário, que responda requisitos de segurança e resiliência para atuais e novos usuários.”*

Claramente, a atualização do NAS é um esforço necessário e urgente por motivos económicos e de segurança. Essa urgência obrigou a FAA e a NASA a dedicar seu tempo e recursos a esse esforço, reduzindo, assim, sua capacidade de realizar um empreendimento não essencial, como operações com tripulação reduzida ou piloto único.



A atualização do gerenciamento do tráfego aéreo nos Estados Unidos por meio do NextGen é um esforço nacional dentro de um plano mundial liderado pela ICAO. O Plano Global de Navegação Aérea (GANP) da ICAO aborda os objetivos internacionais relativos ao gerenciamento do rápido crescimento do tráfego. O GANP estabelece uma metodologia estratégica que alavanca as tecnologias existentes e se prepara para desenvolvimentos futuros, com base nos objetivos do estado e do setor. O GANP, por sua vez, caracteriza atualizações em bloco do sistema de aviação, projetadas para serem usadas pelas regiões, sub-regiões e estados-membros da ICAO quando desejarem adotar módulos individuais do plano abrangente de espaço aéreo. Há vários módulos, que são agrupados dentro dos principais temas de aeroportos mais ecológicos, sistemas e dados globalmente interoperáveis, capacidade ideal e voos flexíveis, e rotas de voo eficientes.

A preocupação da ICAO com o gerenciamento do tráfego aéreo vem do fato de que “o tráfego aéreo global dobrou de tamanho a cada 15 anos desde 1977 e continuará a crescer.” Em alinhamento com o GANP, os programas de melhoria da navegação aérea estão sendo realizados não apenas pelos Estados Unidos por meio do NextGen, mas também por vários outros da ICAO. Alguns dos exemplos mais notáveis são o SESAR, na Europa; o CARATS, no Japão; e o **SIRIUS no Brasil**.

## Questões de segurança cibernética apresentam desafios adicionais

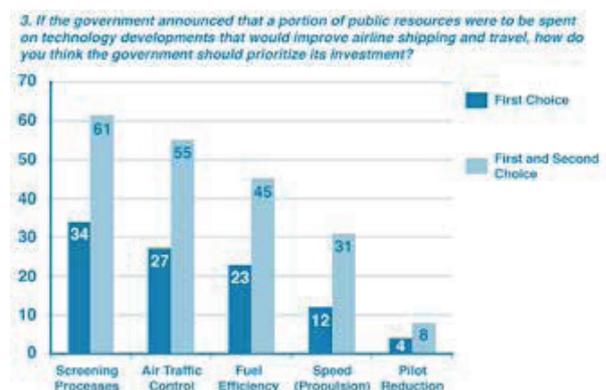
As operações com tripulação reduzida e com um único piloto introduzem um problema de segurança cibernética devido à exigência de que os pilotos em terra sejam capazes de assumir o controle da aeronave em caso de incapacitação do piloto ou outra emergência. Isto porque agentes hostis já atacaram comunicações de rádio com aeronaves no passado, a possibilidade de explorar os pontos fracos dos links de

comunicação para interromper ou até mesmo comandar a aeronave em voo. Para evitar que as operações com tripulação reduzida abram novas e poderosas vias de ataque cibernético às aeronaves, é necessário adotar contramedidas obstrutivas.

A única maneira viável de lidar com essa ameaça é criptografar as comunicações entre a aeronave e o solo. Dois fatores complicam a criptografia. Primeiro, os países geralmente têm restrições quanto ao uso de criptografia em seu espaço aéreo, sendo que alguns proíbem-na totalmente. Segundo, a criptografia introduz atrasos na transmissão que podem durar segundos, o que pode ser problemático em uma emergência quando as respostas em tempo real são essenciais.

## A oposição pública apresenta barreira política

Dados de pesquisas indicam que os americanos não estão confortáveis com operações com piloto reduzido ou único. De acordo com a ALPA, uma pesquisa internacional apontou que 80% dos americanos acreditam que dois pilotos no cockpit é a melhor maneira de solucionar problemas e responder a imprevistos. Além disso, 96% dos entrevistados consideram menos importantes os investimentos para permitir tripulação reduzida ou operações com um único piloto do que outros investimentos relacionados à aviação (Figura 12). A impopularidade de operações reduzidas ou de tripulação única apresenta uma barreira política, como formuladores de políticas hesitarão em fazer mudanças, que o público considera insalubres, na regulamentação.



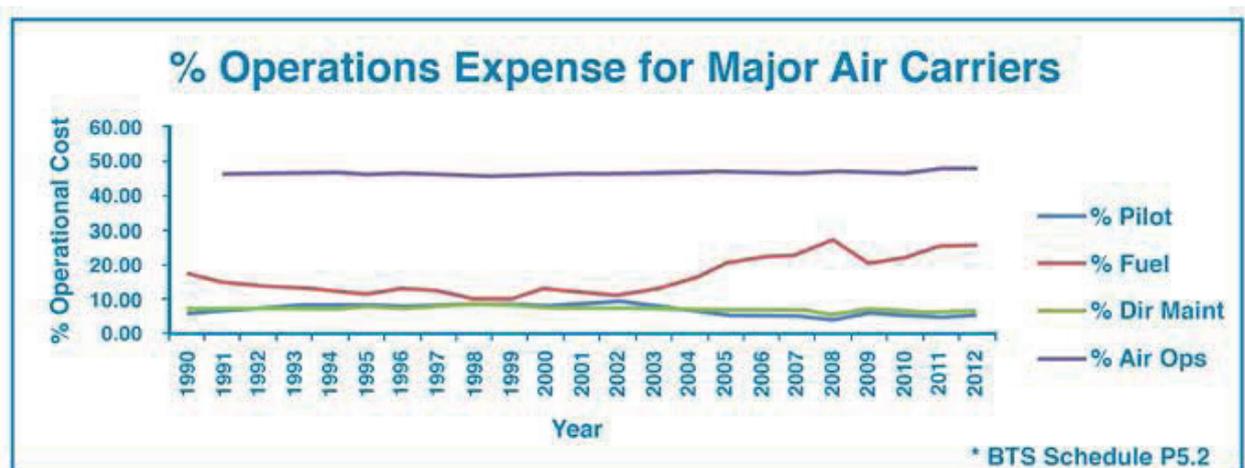
## Um caso econômico deficiente pode enfraquecer o incentivo

A principal razão por trás da pressão de companhias aéreas e operadores de transporte aéreo para reduzir o tamanho da tripulação do cockpit é simples: menos pilotos significa menores gastos com folha de pagamento. De acordo com uma análise realizada pela ALPA e pelo Bryce Space and Technology Group, com as operações de piloto único, as companhias aéreas empresas de transporte aéreo dos EUA fariam uma economia de cerca de US\$8,3 bilhões por ano em salários, despesas com pessoal, e benefícios. Este total representa 5% dos US\$ 168 bilhões em despesas anuais não relacionadas a combustíveis, incorridos por essas empresas.

No entanto, esta estimativa não leva em conta os custos consideráveis da implementação das operações de tripulação reduzida e de piloto único, que teriam de ser suportados pelas companhias e, em certa medida, pelo contribuinte americano. Estes incluem o custo de equipar ou reequipar as frotas de aeronaves com os sistemas de automatização e os sensores necessários, as infraestruturas terrestres necessárias, os salários de pilotos adicionais em terra para

apoiar os pilotos no cockpit e os custos de certificação dos novos sistemas. Quando estes custos são levados em conta, o argumento econômico para operações com tripulação reduzida e com um único piloto torna-se menos convincente, especialmente porque os custos de pilotagem não constituem a maior parte das despesas nas principais companhias aéreas (Figura 13). Sem um argumento econômico sólido, o incentivo para buscar operações reduzidas ou com um único piloto enfraquece e, potencialmente, até mesmo estagna.

É importante observar que as possíveis economias de custo de mão de obra baseiam-se exclusivamente nos custos incorridos na cabine de comando. Haveria a necessidade de pilotos em terra para dar suporte aos pilotos na cabine de comando. Embora tenha havido muita especulação sobre as possíveis eficiências dos pilotos em terra, a ALPA não encontrou nenhuma documentação que conclua definitivamente que um piloto de solo poderia dar suporte a várias aeronaves com segurança. Ao transferir um piloto que atualmente está na cabine de comando para o solo, a única economia seria a redução dos custos de viagem (estimada em cerca de US\$ 700 milhões por ano ou menos de 0,5% do total de despesas não relacionadas a combustível).



## Resumo: Obstáculos às operações com um único piloto

- A tecnologia atual não pode compensar a remoção de um piloto da cabine de comando
  - O maior desafio é a tomada autônoma de decisões
  - A inteligência artificial especializada está bem desenvolvida, mas só pode responder a casos específicos
  - A inteligência artificial geral capaz de julgamento ainda é teórica e pode estar a décadas de distância
- A infraestrutura de dados atual não foi projetada para suportar o tráfego necessário para operação autônoma ou remota
- Novos sistemas devem ser desenvolvidos para permitir que um piloto substituto interaja com a tripulação da cabine e os passageiros
- A menos que as operações com um único piloto sejam universais, um dos primeiros a adotar a tecnologia perderia negócios com clientes preocupados com a segurança
- Os benefícios das operações com um único piloto são econômicos, mas as economias são pequenas e os custos são significativos
  - A remoção de um membro da tripulação de voo reduziria apenas cerca de 4% do custo total de um voo de passageiros
  - Isso competiria com os custos para desenvolver novas tecnologias, novas infraestruturas e novos treinamentos, além de testes e certificações de segurança e pilotos em terra.

## Seção 5: Prioridade mais alta - Investimentos federais em comparação com operações com tripulação reduzida e piloto único

A aviação comercial tende a crescer com a economia. A FAA projeta que a receita de passageiros por quilômetro, uma referência para o crescimento da aviação, cresça 2,4% ao ano até 2037, com um crescimento maior em nível internacional. Devido a esse crescimento, há esforços constantes para otimizar a eficiência, a segurança e o custo. Alguns promovem o investimento em operações com tripulação reduzida ou com um único piloto para reduzir o custo dos voos e também melhorar a eficiência e a segurança. No entanto, outras buscas são mais urgentes e geram maiores benefícios econômicos e sociais. Em discussões com o Congresso, a FAA, a NASA e várias partes interessadas da comunidade da aviação expressaram suas maiores prioridades para melhorar a aviação. A NASA foi mencionada como tendo dito:

*"... as maiores prioridades de pesquisa da comunidade de aviação estão na segurança, em aeronaves altamente eficientes, na evolução do Sistema de Transporte Aéreo de Próxima Geração [NextGen] e no acesso de UAS ao Sistema Nacional de Espaço Aéreo [NAS]. Mais recentemente, o foco da comunidade nos sistemas de aviação sob demanda aumentou, pois os UAS demonstraram potencial para mudanças mais profundas no sistema de aviação".*  
Conforme declarado pelas partes interessadas, tratar do congestionamento e do acesso ao NAS dos EUA é uma prioridade máxima. O NAS é fortemente estressado

pelo aumento da demanda por serviços de transporte aéreo e pela entrada de novos veículos no espaço aéreo, como os UAS. Em resposta, a FAA e a NASA estão no meio de uma revisão multibilionária do sistema de gerenciamento de tráfego aéreo do país com o objetivo de aumentar a eficiência, a segurança, a capacidade, a previsibilidade e a resiliência. O esforço, NextGen, está aproveitando e impulsionando os avanços tecnológicos em automação, processamento de dados, comunicações, vigilância, navegação e outras áreas.

Além desse esforço, a NASA está investindo em tecnologias com potencial para tornar as aeronaves mais inteligentes, seguras, eficientes em termos de combustível, rápidas e silenciosas. Essas atividades tornarão a aviação comercial mais lucrativa e, ao mesmo tempo, reduzirão sua pegada ambiental nos próximos anos. Dada a urgência do NextGen, juntamente com as futuras oportunidades de investimento que oferecem benefícios econômicos e sociais tangíveis, os gastos destinados a reduzir o número de pilotos na cabine de comando de aeronaves comerciais devem estar próximos do final da lista de prioridades do governo dos EUA.

## Esforços para reconstruir o NAS

A necessidade de reconstruir o NAS não pode ser exagerada: atualmente, a FAA gerencia cerca de 44.000 voos por dia, cujos atrasos custam mais de US\$28 bilhões por ano à economia dos EUA. Metade desses atrasos é atribuída ao NAS. Esses números só aumentarão com o tempo: a IATA (Associação Internacional de Transporte Aéreo), por exemplo, estimou que o número de passageiros aéreos em todo o mundo dobrará até 2034, chegando a 7 bilhões. Novos operadores estão agravando esses problemas, com a introdução de UAS e veículos comerciais espaciais e de reentrada.

## O Programa NextGen

Para enfrentar os desafios da NAS, a FAA e a NASA estão liderando o programa NextGen. Espera-se que o NextGen custe mais de US\$20 bilhões e esteja em vigor até 2025.<sup>94</sup> A FAA já implantou grande parte da infraestrutura básica para o NextGen. Os componentes da infraestrutura incluem o Sistema de Gerenciamento de Fluxo de Tráfego, o Gerenciamento de Fluxo Baseado em Tempo e a Modernização da Automação em Rota, todos voltados para o roteamento eficiente do tráfego aéreo e o manuseio de dados. O programa En Route Automation Modernization está entre os vários esforços que apoiam a transição de um sistema de gerenciamento de tráfego aéreo baseado em terra para um baseado em satélite, o que melhorará a resiliência do NAS.

Além dessa camada básica, a FAA está implementando o Automatic Dependent Surveillance-Broadcast, o System Wide Information Management e o Performance Based Navigation. Essas tecnologias permitirão um planejamento de rotas de aeronaves mais preciso e flexível, economizando tempo e combustível. Os próximos itens da agenda são o NAS Voice System, o NextGen Weather Processor e o Common Support Services-Weather, que deverão ser implementados a partir de 2020. Esses sistemas aumentarão a eficiência do NAS mostrando onde as aeronaves estarão em momentos críticos do voo, em vez de onde elas estão em um determinado momento.

Durante os anos de 2020 a 2025, a FAA espera se concentrar na realização e consolidação dos benefícios da infraestrutura NextGen. O estabelecimento da infraestrutura exigirá atualizações para as aeronaves que utilizam o NAS. Embora muitos desses recursos iniciais do NextGen sejam considerados habilitados para operações com tripulação reduzida e piloto único, a FAA



atualmente não tem planos ou programas de pesquisa importantes voltados para esse resultado.

## Acomodação de novos participantes na NAS

Tanto a FAA quanto a NASA dedicaram esforços para acomodar os novos participantes da NAS. Dado o surgimento de aplicativos UAS nos últimos anos, a integração de UAS civis na NAS é uma prioridade especial. A FAA tem um roteiro para esse esforço, que prevê que os UAS voem lado a lado com aeronaves pilotadas usando muitos dos mesmos sistemas e procedimentos de gerenciamento de tráfego aéreo. Embora as regras e os procedimentos iniciais que regem as operações de pequenos UAS na NAS já estejam em vigor, uma estrutura regulatória mais detalhada ainda está em andamento. A FAA espera que essa estrutura seja implementada até 2020.

Enquanto isso, o programa ATM-X (Air Traffic Management-eXploration) da NASA está concentrado em acomodar a introdução de novos veículos, incluindo UAS, veículos espaciais e de reentrada comerciais e táxis aéreos. Os UAS e os veículos comerciais espaciais/de reentrada estão operando atualmente, enquanto várias grandes empresas aeroespaciais estão explorando os táxis aéreos - embarcações de decolagem e aterrissagem verticais que oferecem serviços não programados ou sob demanda. O programa ATM-X também está buscando tecnologias que permitirão que as grandes aeronaves comerciais tradicionais voem em rotas preferidas pelos usuários - com foco no congestionado corredor nordeste - de forma mais previsível, economizando tempo e combustível. Além de abordar os problemas imediatos e de curto prazo enfrentados pela NAS, esse esforço também beneficia as operadoras aéreas comerciais tradicionais.

## Desenvolvimento de tecnologia para atender prioridades da aviação

A ARMD (Diretoria da Missão de Pesquisa Aeronáutica) da NASA investe em tecnologias comercialmente promissoras que estão além do horizonte financeiro do setor privado, com ênfase naquelas que oferecem benefícios sociais, incluindo a garantia de segurança e proteção ambiental. A NASA está investigando uma série de novas tecnologias que prometem altos retornos futuros para as partes interessadas da aviação, incluindo companhias aéreas e operadores de transporte aéreo, passageiros e o público em geral. Em termos gerais, esses esforços têm como objetivo tornar as viagens aéreas mais rápidas, mais seguras e mais agradáveis e, ao mesmo tempo, reduzir seu custo e impacto ambiental.

## Prioridades do ARM

As prioridades da ARMD estão registradas no "NASA Aeronautics: NASA Aeronautics: Strategic Implementation Plan, 2017 Update", que é a última iteração do que a agência caracteriza como um documento vivo. Conforme descrito no plano, as prioridades de investimento são influenciadas por três "megadirecionadores": crescimento global da demanda por mobilidade de alta velocidade, acessibilidade e sustentabilidade, e convergência tecnológica. A resposta da NASA a esses fatores está organizada em seis eixos estratégicos de pesquisa aeronáutica: crescimento seguro e eficiente das operações globais, inovação em aeronaves comerciais supersônicas, veículos comerciais ultraeficientes, transição para propulsão e energia alternativas, garantia de segurança em todo o sistema em tempo real e autonomia assegurada para a transformação da aviação.

Embora o impulso da automação seja relevante para operações com tripulação reduzida e piloto único, ele não está conectado a essas aplicações no plano estratégico. Os esforços de curto prazo da NASA - de 2015 a 2025 - concentram-se na autonomia limitada, ou delimitada, e "predominantemente supervisionada por humanos", com aplicações em sistemas de pequena escala, incluindo UAS. As pesquisas de médio prazo (2025-2035) e longo prazo (após 2035) são voltadas para a autonomia adaptativa em escala cada vez maior, complementada por sensores e redes avançadas. Os roteiros não mencionam a possibilidade de os sistemas autônomos substituírem os humanos na cabine de comando. Na verdade, os termos "operações com tripulação reduzida" e "operações com um único piloto" não são encontrados em nenhum lugar do documento de planejamento estratégico da ARMD.

## Pesquisa de longo prazo e de alto retorno

A NASA tem vários esforços específicos de pesquisa e desenvolvimento de longo prazo em andamento que podem levar a aeronaves mais seguras, mais eficientes em termos de combustível, mais rápidas, mais silenciosas e mais ecológicas. A eficiência do combustível é um ótimo exemplo de como a pesquisa da NASA pode levar a ganhos econômicos substanciais para o setor de aviação. O combustível era responsável por apenas 10% dos custos das companhias aéreas em 1995, mas essa porcentagem saltou para 30% em 2011, de acordo com a NASA. Embora os preços do combustível de aviação tenham diminuído consideravelmente desde o pico de 2011-2013, espera-se que continuem subindo no longo prazo, afetando a acessibilidade do transporte aéreo e a sustentabilidade dos atuais modelos operacionais da aviação comercial.

Conseqüentemente, a pesquisa e o desenvolvimento para melhorar a eficiência do combustível são profundamente necessários - pesquisa que a NASA está

fornecendo, conforme descrita abaixo. A seguir estão apenas alguns dos esforços de pesquisa e desenvolvimento da NASA com maior potencial de retorno do que as operações com tripulação reduzida ou piloto único:

- Aeronave experimental da NASA X-59 com tecnologia supersônica silenciosa, que voará mais rápido do que a velocidade do som, mas sem o estrondo sônico que o acompanha, potencialmente abrindo um novo mercado para viagens supersônicas.
- Aeronaves híbridas com corpo de asa, que têm o potencial para reduzir drasticamente os custos de combustível para grandes aeronaves de carga. Essa tecnologia pode levar a aeronaves 70% mais econômicas em termos de combustível do que o C-17 Globemaster, construído pela Boeing transporte militar de carga.
- Baterias de íon-lítio que respiram pelo ar teoricamente poderiam oferecer maior capacidade de armazenamento de energia de qualquer tecnologia de bateria. Essas baterias podem abrir caminho para o desenvolvimento de aeronaves movidas a eletricidade.
- A aeronave totalmente elétrica X-57, cujo objetivo final é reduzir em cinco vezes o consumo de energia durante a fase de cruzeiro em alta velocidade em comparação com a propulsão tradicional.
- Demonstração de voo do Ultra-High Bypass Advanced Nacelle Technologies da NASA, um esforço cooperativo com uma equipe do setor liderada pelo fabricante de motores a jato Pratt & Whitney para projetar, desenvolver e demonstrar tecnologias de motores que melhoram o desempenho aerodinâmico e ao mesmo tempo reduzindo o peso e o ruído.
- Asas com suporte de treliça que têm o potencial de proporcionar uma economia de 8% na queima de combustível em relação a aeronaves com asas não reforçadas.

- Aeronave turboelétrica de corredor único com propulsão de camada limite traseira, um conceito de propulsão inovador compatível com as configurações atuais de aviões que economizarão combustível em relação à tecnologia atual de motores a jato.

As pesquisas que podem levar a operações aéreas mais seguras e eficientes não se limitam à NASA e à FAA. O Laboratório de Pesquisa da Força Aérea dos EUA, por exemplo, juntou-se à NASA no financiamento de projetos de pesquisa de asas híbridas e também está trabalhando em sistemas avançados de monitoramento da saúde estrutural e sistemas de cura. Várias iniciativas também estão em andamento na Europa, incluindo o projeto Remote Tower Service, um esforço da Saab e da Administração Sueca de Aviação Civil para permitir que as informações de controle de tráfego aéreo sejam fornecidas por torres não tripuladas.

Alguns desses e outros esforços estão a muitos anos de concretização, mas todos respondem diretamente às necessidades declaradas do setor de aviação e às avaliações do governo sobre o bem público. Em dados de pesquisas recentes, o público também expressou uma clara preferência por gastar o dinheiro do governo nos tipos de tecnologias descritas acima em comparação com aquelas que ajudariam a eliminar os pilotos da cabine de comando. Além disso, o financiamento para a pesquisa aeronáutica é escasso em relação ao crescimento do volume e da complexidade da aviação que está ocorrendo atualmente —um crescimento que deve se acelerar com o tempo. Portanto, agora não é o momento de gastar recursos para reduzir o tamanho das tripulações de cabine, que já garantem a segurança e continuarão a fazê-lo nos próximos anos.

## RESUMO: Investimentos federais de maior prioridade em comparação a operações com tripulação reduzida e piloto único

- As prioridades atuais da FAA e da NASA colocam outros investimentos importantes em detrimento da pesquisa sobre tripulação reduzida
  - Integração de novos veículos como drones e táxis aéreos no espaço aéreo nacional é fundamental
  - Nova infraestrutura de gerenciamento de dados dará suporte às operações do piloto e do ATC
  - A revisão do espaço aéreo nacional pelo NextGen é um empreendimento importante e urgente, e a implementação da tripulação reduzida a interromperia
- Legislação proposta que exige investimento em estudos para permitir reduzir os riscos de tripulação, atrasando a implementação do NextGen
- A nova infraestrutura de dados e os sistemas de suporte de informações podem permitir novas configurações de tripulação no futuro, quando a tecnologia estiver pronta
- As agências governamentais e a aviação comercial também estão investindo em tecnologias com mais potenciais benefícios
  - Veículos supersônicos mais silenciosos poderiam reduzir o tempo de viagem
  - Novos designs de asa e carroceria reduzirão o consumo de combustível, economizando mais do que o corte de um piloto
  - Novos sistemas de suporte inteligente darão aos pilotos e à tripulação mais ferramentas para garantir voos seguros



## Resumo e conclusão

O sistema de aviação comercial deve seu excelente histórico de segurança aos pilotos altamente treinados que pilotam as aeronaves diariamente. Ter dois pilotos na cabine de comando o tempo todo proporciona uma carga de trabalho compartilhada, o que é importante, na melhor das circunstâncias, e indispensável durante emergências. O segundo piloto na cabine de comando também oferece um seguro essencial contra a possibilidade muito real de o piloto principal ficar incapacitado por qualquer motivo durante um voo. Além disso, esse segundo piloto desempenha um papel importante no monitoramento das ações e das condições do piloto principal, também conhecido como piloto de voo. É principalmente por esses motivos que os regulamentos da FAA há muito tempo exigem que pelo menos dois pilotos totalmente qualificados estejam presentes na cabine de comando de grandes aeronaves de transporte de passageiros e carga.

Os avanços em várias tecnologias importantes, principalmente na automação, sem dúvida contribuíram para a segurança da aviação e diminuíram a carga de trabalho dos pilotos. Entretanto, serão necessários avanços significativos na automação e em outras tecnologias para que as companhias aéreas e as operadoras de transporte aéreo reduzam o número de pilotos na cabine de comando sem comprometer a segurança. Até que a tecnologia de automação possa oferecer o mesmo nível de consciência situacional, comunicação e julgamento que os seres humanos, dois pilotos na cabine de comando continuarão sendo necessários para alcançar o máximo de segurança.

## A necessidade de um segundo piloto na cabine de comando

Ter pelo menos dois pilotos na cabine de comando é essencial para acompanhar a carga de trabalho na cabine de comando em condições fora do normal. Atualmente, dois pilotos também são a única defesa real contra a possibilidade de incapacitação do piloto durante o voo. A assistência de pilotos remotos no solo tem sido oferecida como uma solução para esses desafios, mas estudos têm demonstrado consistentemente que os pilotos se comunicam e se coordenam melhor quando estão localizados na cabine de comando. Os pilotos co-localizados dependem muito de modos de comunicação não verbais, como acenos de cabeça e outros gestos e ações físicas que indicam que uma mensagem foi recebida ou que um problema está sendo resolvido.

Além disso, a implementação de operações com tripulação reduzida ou com um único piloto exigiria comunicações seguras entre a cabine de comando e o solo, independentemente da localização da aeronave - um recurso que não temos atualmente. Somente em 2018, houve vários casos de perda de comunicação entre o ar e o solo. Essas interrupções foram consideradas sérias o suficiente para fazer com que os caças fossem acionados. Além disso, o nível de comunicação entre a cabine de comando e o solo, necessário para operações com um único piloto, abriria novas vias de ataque para aqueles que buscam interromper ou até mesmo comandar voos para qualquer finalidade.

## Prontidão tecnológica

Avanços substanciais na tecnologia de automação contribuíram para tornar o voo mais seguro e, ao mesmo tempo, diminuir a carga de trabalho do piloto. Entretanto, a tecnologia ainda não está suficientemente avançada para substituir os pilotos na cabine de comando. A tecnologia de automação é capaz de executar tarefas específicas e definidas, mas não consegue sentir, avaliar, agir, interagir e se adaptar em situações complexas da mesma forma que os seres humanos. Os sistemas automatizados e robóticos também são propensos a falhas, o que pode dificultar a confiança dos pilotos humanos na tecnologia.

## Oposição do público às operações com um único piloto

Dados de pesquisas indicam que o público não está pronto para aceitar operações com piloto único. Em uma pesquisa da ALPA, 80% dos entrevistados disseram que ter dois pilotos na cabine de comando o tempo todo é a melhor maneira de lidar com uma emergência durante o voo. Além disso, 96% dos entrevistados disseram que o governo dos EUA deveria priorizar outros investimentos em aviação em vez de eliminar os pilotos da cabine de comando.

Essa baixa opinião pública tem impacto direto sobre os líderes do setor: Doug Parker, executivo-chefe da American Airlines, declarou que a American não está buscando operações com tripulação reduzida porque “o conforto que [os pilotos] proporcionam não é algo do qual a maioria dos clientes vai querer abrir mão”. O executivo-chefe da Qantas Airlines, Alan Joyce, concorda que é muito cedo para aumentar a automação da cabine de comando. O vice-presidente de segurança da FedEx, Bobbi Wells, também apoia a ideia de que a automação pode complementar a atual tripulação de voo, mas não substituir membros individuais: “Fizemos um excelente trabalho na aviação

com a automação que nos permite ser mais eficientes como pessoas. Mas não acho que tenhamos feito o suficiente com relação ao ser humano. Aconteça o que acontecer com a aviação, não vamos tirar os seres humanos da aviação.”

## Alternativas de investimento

O apoio ao investimento em operações com tripulação reduzida, ou com um único piloto, baseia-se no argumento de que as companhias aéreas e as empresas de transporte aéreo poderiam economizar em salários de pilotos, benefícios e outras despesas. No entanto, qualquer economia desse tipo seria compensada por outros custos associados às operações com tripulação reduzida e piloto único. Esses custos incluem salários e benefícios para pilotos em terra, que seriam responsáveis por monitorar vários voos e ajudar em emergências; equipar/reequipar as cabines de comando das aeronaves com os sistemas necessários de automação, comunicação e outros; atualizações da infraestrutura em terra; e certificação de aeronaves.

Além disso, existem prioridades de investimento mais urgentes, ou seja, a reconstrução do sistema de gerenciamento de tráfego aéreo dos EUA. Atualmente, a FAA, com a ajuda da NASA, está realizando esse esforço por meio do NextGen. O programa de mais de US\$ 20 bilhões é necessário para atender ao crescimento contínuo da aviação comercial - tanto nos EUA quanto no mundo - e à entrada de novos veículos no NAS dos EUA. Dado o escopo desse empreendimento, a FAA não tem recursos para dispensar em um empreendimento não essencial e complicado, como a introdução de operações com um único piloto.

Além disso, a ARMD da NASA apresenta alternativas de investimento que trazem maiores benefícios sociais e econômicos do que as operações com um único piloto. A ARMD está investigando várias tecnologias diferentes, que têm o potencial de tornar as aeronaves mais rápidas e mais eficientes

em termos de combustível, além de reduzir seu impacto ambiental. Essas tecnologias incluem aeronaves supersônicas de passageiros sem o estrondo sônico que torna problemáticas as viagens por terra, células de bateria avançadas que poderiam permitir a propulsão elétrica e novos projetos de motores e corpos de asas que poderiam reduzir drasticamente o consumo de combustível. Como investimentos financiados pelo contribuinte, essas tecnologias são mais adequadas do que as necessárias para permitir operações com um único piloto, pois os beneficiários incluem o público que voa e o que não voa, em vez de apenas as companhias aéreas e as operadoras de transporte aéreo. Além disso, considerando a porcentagem cada vez mais alta de combustível nos custos gerais das empresas aéreas - os custos de combustível na aviação aumentaram de 10% para 30% de 1995 a 2011 - muitos desses investimentos lucrariam com essas operadoras.

## Conclusão

A prioridade número um na aviação comercial é e sempre será a segurança. Todas as medidas ou mudanças criadas para melhorar a eficiência e a economia do sistema atual devem ser realizadas sem comprometer a segurança. A melhor garantia de segurança é ter pelo menos dois pilotos profissionais totalmente qualificados na cabine de comando. Investir em operações com tripulação reduzida deslocaria outros possíveis investimentos que beneficiariam todas as partes interessadas da aviação - inclusive as companhias aéreas e as empresas de transporte aéreo - e comprometeria a segurança. Mesmo na era tecnológica moderna, não há substituto seguro para a presença de pelo menos dois pilotos humanos na cabine de comando de grandes aeronaves de transporte de passageiros e cargas.





Julho de 2023





Nos colocamos à disposição  
para debater o tema.

Cmte. Henrique Hacklaender  
Presidente - SNA  
[henrique.hacklaender@aeronautas.org.br](mailto:henrique.hacklaender@aeronautas.org.br)

Cmte. Tiago Rosa  
Dir. Relações Institucionais - SNA  
[tiago.rosa@aeronautas.org.br](mailto:tiago.rosa@aeronautas.org.br)