

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
ESCOLA POLITÉCNICA
CURSO DE CIÊNCIAS AERONÁUTICAS

OBSTÁCULOS NO DESENVOLVIMENTO DA MOBILIDADE AÉREA URBANA

GOIÂNIA
2022

JOÃO PEDRO DUSSEL CAMARA

OBSTÁCULOS NO DESENVOLVIMENTO DA MOBILIDADE AÉREA URBANA

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

Professora Orientadora: Dr^a Anna Paula Bechepeche.



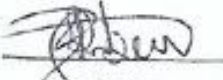
GOIÂNIA
2022

JOÃO PEDRO DUSSEL CAMARA

OBSTÁCULOS NO DESENVOLVIMENTO DA MOBILIDADE AÉREA URBANA

GOIÂNIA - GO 06/06/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Drª Anna Paula Bechepeche	 Assinatura	CAER/PUC-GO <u>10,0</u> Nota
Prof. Esp. André Luiz da Silva Fernandes	 Assinatura	CAER/PUC-GO <u>10,0</u> Nota
Prof. Esp. Paulo José Gonzaga Ribeiro	 Assinatura	ADM/PUC-GO <u>10,0</u> Nota

OBSTÁCULOS NO DESENVOLVIMENTO DA MOBILIDADE AÉREA URBANA

João Pedro Dussel Camara¹
Anna Paula Bechepeche²

RESUMO

Através do desenvolvimento deste artigo pretende-se evidenciar as pesquisas feitas acerca da implementação de um novo modal aéreo, a partir da análise de múltiplos fatores constituintes do cenário de mobilidade aérea urbana. Assim sendo, foram abordados, brevemente, a evolução das aeronaves, bem como o início das operações aéreas dentro de cidades; os fatores que influenciam este mercado e, por fim, os obstáculos encontrados para o seu desenvolvimento, sendo estes o ambiente regulatório, a área de voo permitida, o engajamento da sociedade, o projeto das aeronaves e o controle de tráfego aéreo urbano. Este artigo não tem como intuito analisar este mercado sob a perspectiva financeira, ou seja, não foi estudado problemas relacionados à parte econômica. Uma vez que não há muitas pesquisas referentes a esse tema no Brasil e no idioma português, o objetivo deste artigo é tornar o tema mais acessível e conhecido através de uma apresentação, de caráter introdutório e geral, sobre os principais desafios no desenvolvimento da mobilidade aérea urbana, além de incentivar outras pesquisas mais singularizadas referentes ao mesmo assunto. Para isso, a pesquisa utilizou-se da metodologia dedutiva para a exposição de um conjunto de problemas específicos, juntamente de procedimentos bibliográficos e documentais para melhor veracidade do conteúdo exibido. A partir deste estudo, concluiu-se que estes problemas possuem uma certa dependência das aeronaves, as quais ainda não estão finalizadas, portanto é inviável tentar solucioná-los por completo. Dado o exposto, infere-se que para solucionar grande parte dos problemas observados faz-se necessário o conhecimento do projeto final das aeronaves, as quais ainda permanecem sem solução devido a exigências específicas de suas baterias para atender às necessidades operacionais.

Palavras-chave: Aviação; eVTOL; Mobilidade Urbana; Espaço Aéreo.

¹ Acadêmico de Ciências Aeronáuticas pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO).

² Possui graduação em Física pela Universidade Federal de Goiás (1988), mestrado em Física pela Universidade de São Paulo (1991) e doutorado em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1996). Atualmente é Professor efetivo da Pontifícia Universidade Católica de Goiás e Professor efetivo da Universidade Estadual de Goiás. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Física da Matéria Condensada.

ABSTRACT

Through the development of this article, it is intended to point the research made about the implementation of a new air modal, from the analysis of multiple component factors of the urban air mobility scenario. Therefore, evolution of aircraft will be briefly addressed, as well as the beginning of air operations within cities; the factors that influence this market and, finally, the obstacles encountered for its development, such as regulatory environment, allowed area of flight, community acceptance, aircraft projects and urban air traffic control. This article does not intend to analyze this market financially, meaning that economic related problems were not studied. Since there is not a lot of research on this topic in Brazil and in the Portuguese language, the objective of this article is to make the topic more accessible and known through an introductory and broad presentation on the main challenges in the development of urban air mobility, in addition to encouraging other more singular research on the same topic. Thereunto, the research used the deductive methodology to expose a set of specific problems, together with bibliographic and documentary procedures for greater veracity of the displayed content. From this study, it was concluded that these problems have a certain dependence on the aircrafts, which still are not finished, therefore it is not viable to solve those problems entirely. Considering the above, it is inferred that to solve most of the issues observed, it is a must to know the final design of the aircraft, which remain unsolved due to the specific requirements of their batteries to meet operational needs.

Keywords: Aviation; eVTOL; Urban Mobility; Air Space.

INTRODUÇÃO

A competitividade econômica entre empresas e países aumentou de maneira exponencial após a Terceira Revolução Industrial devido à globalização, sendo esta um processo que estreitou as relações comerciais entre ambas as partes. Por conseguinte, notou-se que os produtos e serviços considerados inovadores para a época tinham mais chances de sucesso num mercado altamente competitivo, observação esta que se tornou evidente nos dias de hoje.

Dentro do panorama aeronáutico, o modal civil aéreo era originalmente elitizado, ou seja, pouco acessível à população geral. Com o impacto da globalização, surgiu, então, as companhias *low cost*³, oferecendo transporte aéreo por preços mais acessíveis, através da diminuição dos seus custos. Desde então, outras empresas se viram obrigadas a diminuir os seus preços, com a finalidade de se manterem atrativas no mercado. Logo, a aviação deixou de ser elitizada e passou a ser um meio de transporte mais acessível.

Em busca de destaque no mercado e rentabilidade, as empresas vêm investindo fortemente em inovação nos seus produtos e serviços oferecidos. No âmbito da aviação, tem-se hoje as aeronaves tipo eVTOL como destaque num mercado emergente, o de transporte de pessoas e cargas em baixas altitudes dentro de espaço aéreo urbano. Tanto este mercado quanto as aeronaves são projetos considerados futurísticos em virtude de suas complexidades operacionais e tecnológicas.

Entretanto, justamente por essas complexidades, esses projetos enfrentam alguns desafios com certo grau de interdependência. De modo a compreender suas correlações, este artigo deve realçar os problemas relacionados a regulamentos, gerenciamento de tráfego aéreo urbano, área de voo útil, aceitação da sociedade e baterias das aeronaves.

Em suma, para a divisão adequada do trabalho, este artigo está dividido em três seções: a história da mobilidade aérea urbana, que comenta sobre o histórico dos popularmente conhecidos “carros voadores” e sobre o transporte de passageiros via helicópteros dentro de cidades no século XX, o ecossistema deste mercado, que expõe as possíveis atividades comerciais, um conceito útil ao seu planejamento e os fatores que o influencia e, finalmente, os desafios que ele enfrenta divididos em cinco subtópicos.

³ *Low cost* se refere a companhias aéreas que oferecem serviços de baixo custo em relação ao mercado (CAMBRIDGE DICTIONARY, 2022).

1 HISTÓRIA DA MOBILIDADE AÉREA URBANA

Segundo a *Federal Aviation Administration* (FAA), a mobilidade aérea urbana é um sistema de transporte aéreo seguro e eficiente que utilizará aeronaves altamente automatizadas voltadas à operação de transporte de passageiros e cargas em baixas altitudes dentro do espaço aéreo urbano. Será composta por um ecossistema que considera a evolução e a segurança das aeronaves, o plano de operação, o desenvolvimento da infraestrutura, a acessibilidade ao espaço aéreo e o engajamento da sociedade (FAA, 2022).

Apesar de a mobilidade aérea urbana ser um mercado recente e inovador, a idealização dos “carros voadores” teve início em 1917, com o desenvolvimento de uma aeronave rodável⁴, o Curtiss Autoplane, porém não teve relatos de sucesso e o projeto foi descontinuado devido ao início da Primeira Guerra Mundial (UNIPAMPA, 2015). Nos anos subsequentes, vários inventores projetaram modelos diferentes de aeronaves rodáveis, até que, em 1949, Moulton Taylor projetou e construiu o Taylor Aerocar, como mostra a figura 1, um carro com asas retráteis, considerado um dos primeiros carros voadores práticos do mundo (*MUSEUM OF FLIGHT*, s.d.). Ao todo, foram feitas seis aeronaves em três versões diferentes. Não há informações sobre sua altitude de voo.



Figura 1: 1949 Taylor Aerocar (EAA Aviation Museum, 2016?).

⁴ Aeronave rodável trata-se de aeronave capaz de circular em estradas (MERRIAM-WEBSTER, 2022).

Em relação ao cenário atual, os fabricantes de aeronaves vêm investindo na sustentabilidade de seus produtos devido à necessidade da adoção de certas medidas da COP26⁵, como acelerar a transição energética para fontes limpas, por exemplo (PASSARINHO, 2021). Hodiernamente, a aviação utiliza combustíveis fósseis, o que resulta na emissão de gases nocivos à atmosfera, ato este que segue fluxo contrário à ideologia de sustentabilidade. Embora o setor de aviação represente somente 2% da contribuição das emissões mundiais de CO₂ por fontes antrópicas (SILVA, 2014), os resultados de tais adoções podem ser expressivos no panorama geral ao longo prazo.

Tendo isso em vista, a mobilidade aérea urbana tem como protagonista, mais especificamente em grandes cidades onde o congestionamento é comum, uma alternativa sustentável de transporte, o eVTOL (aeronave elétrica de pouso e decolagem vertical), condizendo com as obrigações climáticas sem ceder a eficiência e a segurança de suas operações. No entanto, ainda há impasses quanto aos projetos dessas aeronaves, com destaque à dificuldade do desenvolvimento de uma bateria que satisfaça as exigências das operações previstas (REICHMANN, 2021).

No que condiz às operações, serviços de transporte de passageiros dentro de cidades grandes por helicópteros foram oferecidos em meados de 1950 em algumas regiões metropolitanas dos Estados Unidos, como Nova Iorque e Los Angeles. Alguns destes serviços foram descontinuados em 1977 após um acidente durante o pouso de um helicóptero no topo de um prédio causado por problemas estruturais no trem de pouso da aeronave, tirando a vida de quatro pessoas no local e outra em solo (COHEN; SHAHEEN; FARRAR, 2021).

Entre os anos de 1947 e 1971, a empresa estadunidense Los Angeles Airways oferecia transporte de passageiros entre Los Angeles e Disneyland. No ano de 1968, a companhia experienciou dois acidentes causados por falha mecânica e, subsequentemente, encerrou suas atividades. Analogamente, a New York Airways, que ofertava o mesmo tipo de serviço nos três aeroportos principais da região metropolitana de Nova Iorque, teve fim pelo mesmo motivo (GARROW, 2021).

Atualmente, a empresa norte-americana BLADE oferece o mesmo tipo de serviço em várias cidades nos Estados Unidos através de demanda por aplicativo, com planos de expansão internacional (COHEN; SHAHEEN, 2021). Por outro lado, a Airbus' Voom, que oferecia voos

⁴ COP26 foi a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2021, onde vários países concordaram na necessidade de adotar certas medidas protetivas ao meio ambiente (UKCOP26, 2021).

semelhantes em São Paulo, EUA e México, deu fim às suas operações em 2020 devido à pandemia e a problemas de escalabilidade global (MONNET, 2020).

Apesar de algumas adversidades, o futuro deste mercado parece frutífero face aos novos acordos de compras de eVTOL por várias empresas no mundo todo, com destaque a Azul, a qual fez parceria de até 1 bilhão de dólares com a Lilium, empresa aeroespacial alemã, para construir uma malha de 220 aeronaves com operações previstas a partir de 2025. (INFOMONEY, 2021). A Eve, no que lhe concerne, fechou acordos com duas empresas brasileiras, uma inglesa e uma estadunidense, a fim de iniciar operações com suas aeronaves em 2026 (DINIZ, 2021).

2 ECOSSISTEMA DO MERCADO

Até então, avalia-se três possíveis segmentos principais de mercado: operações de emergência e resposta imediata, como transporte de órgãos e enfermos, operações de busca e resgate, acesso a áreas remotas em emergência e combate a incêndios; entrega de bens e de comida e; mobilidade de passageiros. Estas avaliações também incluem serviços de carona compartilhada, táxi aéreo individual ou em grupo, transporte agendado ou com horários flexíveis e voos de lazer (COHEN; SHAHEEN, 2021).

A figura 2 mostra a medição dos níveis de maturidade da mobilidade aérea urbana, um conceito que pode auxiliar no planejamento da evolução desse mercado, especialmente em casos de transporte de passageiros. Isso permite melhorar a compreensão das capacidades operacionais, analisar os requisitos tecnológicos e regulatórios, coordenar as prioridades do ecossistema e prever os impactos na sociedade. Embora essa projeção tenha sido baseada em opiniões de especialistas, a sua aplicabilidade e seus resultados não são exatos, logo não se tem uma linha do tempo estimada referente aos inícios e términos dos estágios de maturidade deste ecossistema (GOODRICH; THEODORE, 2021).



Figura 2: Níveis de maturidade da mobilidade aérea urbana (adaptado de NASA, 2021, tradução livre).

A análise dessa evolução deve acompanhar os interesses dos *stakeholders*⁶, que abrange governos, prestadores de serviço de emergência, indústrias e comércios, fornecedores de serviços para aplicativos, operadores de aeronaves, donos das infraestruturas utilizadas e público direto e indireto. De modo a satisfazer as exigências e necessidades intrínsecas de cada um deles, é necessário coordenar os fatores que influenciam o mercado de aviação sob demanda, como ações relacionadas a capacidade técnica, objetivos operacionais e de mercado e legislação e regulamentos vigentes (COHEN; SHAHEEN; FARRAR, 2021), evidenciados na figura 3.



Figura 3: Influências no mercado de aviação sob demanda (adaptado de COHEN; SHAHEEN; FARRAR, 2021, tradução livre).

⁶ *Stakeholders* se refere a qualquer indivíduo, organização ou grupo que tenha interesse em uma empresa, podendo afetar e ser afetado por suas atividades (IBC Coaching, 2020).

Concomitantemente, há múltiplas variáveis que devem ser solucionadas para dar continuidade ao projeto de mobilidade aérea urbana, com ênfase nos três pilares fundamentais: veículos, espaço aéreo e sociedade, os quais envolvem questões administrativas, logística, inovação tecnológica, marketing, regulamentação, certificação, meteorologia e questões sociais (GOODRICH; THEODORE, 2021).

3 DESAFIOS NO DESENVOLVIMENTO DO SETOR

Destarte, torna-se indispensável identificar os principais desafios que o setor enfrenta, sendo estes: ambiente regulatório, infraestrutura, gerenciamento de tráfego aéreo, delimitação do espaço aéreo útil, poluição sonora e visual, privacidade, aceitação da sociedade, meteorologia, impactos ambientais e *safety*⁷ e *security*⁸ (COHEN; SHAHEEN; FARRAR, 2021). Com isso feito, torna-se parcialmente viável analisar as possíveis soluções a esses problemas, desde que se acompanhe a evolução dos fatores de todo o ecossistema deste mercado e as suas exigências.

3.1 Ambiente regulatório

No que se refere à parte burocrática, a aplicação de regulamentos, guias, padrões mínimos e avisos é fundamental para a orientação da fabricação, operação e manutenção das aeronaves, para a certificação das instalações, da tripulação, dos pilotos, da equipe de solo e de outros funcionários e para as operações da rede de navegação aérea urbana, tais como o espaço aéreo e o gerenciamento de tráfego aéreo urbano. Além disso, há seis fatores críticos que devem ser analisados: voos fora do espaço aéreo permitido, proximidade perigosa de pessoas e propriedades, falhas críticas do sistema, perda de controle, ataques cibernéticos e perda do casco⁹ (COHEN; FARRAR; SHAHEEN, 2021).

A segurança das operações na aviação civil é amparada por políticas robustas e por um ambiente regulatório que rege aeronaves e aeronavegabilidade, bem como suas atividades operacionais e acesso ao espaço aéreo. Os elementos operacionais (incluindo os requisitos para a tripulação) são vitais para estabelecer um bom funcionamento deste sistema. Portanto,

⁷ *Safety* é por definição, segurança operacional (ANAC, 2017).

⁸ *Security* é por definição, segurança contra atos de interferência ilícita (ANAC, 2017).

⁹ Perda do casco é um evento o qual a aeronave é destruída ao ponto de ser irreparável (AIRBUS, 2021).

quaisquer análises ou argumentos feitos a fim de gerir os seus riscos devem considerar os fatores relacionados aos projetos das aeronaves e o desempenho da operação e da tripulação antes que uma avaliação sólida das propriedades emergentes necessárias seja realizada (GRAYDON; NEOGI; WASSON, 2020).

Por ora, é inviável elaborar, detalhadamente, regulamentos e certificações para este mercado justamente pela ausência dos projetos finais dessas aeronaves e incertezas acerca das operações e instalações necessárias para o seu funcionamento. Apesar disso, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) reconhece a necessidade emergente de regulamentar e certificar o eVTOL, como diz em seu plano estratégico. “Dentre os inúmeros desafios a serem enfrentados nos próximos anos pela Agência, podemos citar os avanços tecnológicos do setor, como eVTOL [...] e a necessidade de mitigação do impacto ambiental na aviação.” (ANAC, 2020, p. 5).

3.2 Gerenciamento de tráfego aéreo urbano

As principais dificuldades em relação ao controle do tráfego aéreo urbano são: separação, integração, capacidade, fluxo de tráfego e agendamento. Foram propostas duas ideias acerca do tema: a primeira delas defende a ideia de um sistema centralizado e tecnologicamente eficiente para acomodar todas as classes de aeronaves. A segunda, concordada com os interesses da indústria, alega que os operadores dessas aeronaves deveriam ter o poder de escolher as rotas a serem utilizadas desde que tenham a tecnologia suficiente para garantir a segurança do voo. A escolha entre esses dois sistemas dependerá de como o cenário do mercado está em relação ao seu nível de maturidade (BAURANOV; RAKAS, 2021).

Na criação deste novo ambiente de mobilidade aérea urbana, o cenário dos drones e helicópteros podem ser utilizados como referências, mas voltado ao uso do eVTOL no lugar de outras aeronaves visto que há certas similaridades. A Eve, empresa subsidiária da Embraer dedicada em acelerar o ecossistema de mobilidade aérea urbana no mundo, além de desenvolver o seu próprio eVTOL, está trabalhando num conceito de controle de tráfego aéreo urbano, conhecido como *Flight Plan 2030*, um dos principais requisitos para juntar as engrenagens de todo o sistema deste setor. Recentemente, ela realizou uma simulação com helicópteros no Rio de Janeiro de como seria o ecossistema de mobilidade aérea urbana (EVE, 2019), reforçando o argumento de que o cenário dos helicópteros pode ser útil como referência.

De acordo com um levantamento realizado pela Associação Brasileira de Pilotos de Helicóptero (ABRAPHE), São Paulo possui a maior frota de helicópteros do mundo (ABRAPHE, 2013), contando com um rígido controle do espaço aéreo realizado pela Torre de Controle do Aeroporto de Congonhas (BITTENCOURT et al., 2007) e é pioneira no desenvolvimento de controle de tráfego aéreo exclusivo para helicópteros. No entanto, muitos pontos de pouso e decolagem são subordinados a autoridades públicas, pois são reféns dos interesses privados das imobiliárias proprietárias dos prédios com helipontos, algo que pode gerar conflitos de interesse e condescendências irregulares de normas e leis (LENCIONI, 2014). Os problemas desse ambiente aliado ao guia de especificações de vertiportos elaborado pela *European Union Aviation Safety Agency* (EASA), permite advertir possíveis problemas futuros na implementação dos vertiportos¹⁰ e outras instalações.

As operações com aeronaves não tripuladas remotamente pilotadas, coloquialmente referidas como drones, são praticadas em várias áreas, como recreação, monitoramento de tráfego, detecção de incêndios, mapeamento e agricultura. Embora numerosas, essas atividades são realizadas em regiões geográficas específicas e ainda não representam um risco expressivo nas operações cotidianas no espaço aéreo. Todavia, com a chegada deste novo tráfego aéreo, espera-se um impacto na segurança operacional, exigindo a criação de estratégias para coordenar o uso deste mesmo espaço aéreo por ambas as partes: os operadores dos drones e os operadores de eVTOL (BAURANOV; RAKAS, 2021).

3.3 Geometria do espaço aéreo útil ao voo

Obviamente, a segurança dos *stakeholders*, das aeronaves e das propriedades alheias é o elemento primordial em qualquer tipo de circunstância, devendo ser priorizada sobre outros fatores. Ela pode ser gerida através da redução dos riscos por meio da diminuição da probabilidade e da severidade dos possíveis acidentes. No âmbito aéreo, os riscos nunca serão nulos, mas serão toleráveis a um certo nível ao adotar medidas de prevenção, como evitar o voo em áreas turbulentas, áreas com muitos obstáculos e áreas com condições meteorológicas adversas (BAURANOV; RAKAS, 2021).

A delimitação do espaço aéreo a ser utilizado por essas aeronaves é outro fator a ser analisado com cautela, porquanto há uma série de fatores limitantes na criação de um envelope

¹⁰ Vertiporto é definido como uma área elevada ou solo identificável usado para decolagem e pouso de aeronaves tipo VTOL (NASA, 2021).

de área útil ao voo, que podem ser divididos em quatro categorias: fatores relacionados a segurança operacional (obstáculos e condições climáticas), fatores sociais (privacidade e poluição sonora e visual), fatores relacionados a operações características do sistema e fatores relacionados a operações características das aeronaves (BAURANOV; RAKAS, 2021). Devido à complexidade e extensividade dos dois últimos, abordar-se-á apenas os dois primeiros fatores. Na figura abaixo, tem-se uma representação de como se daria essa limitação.

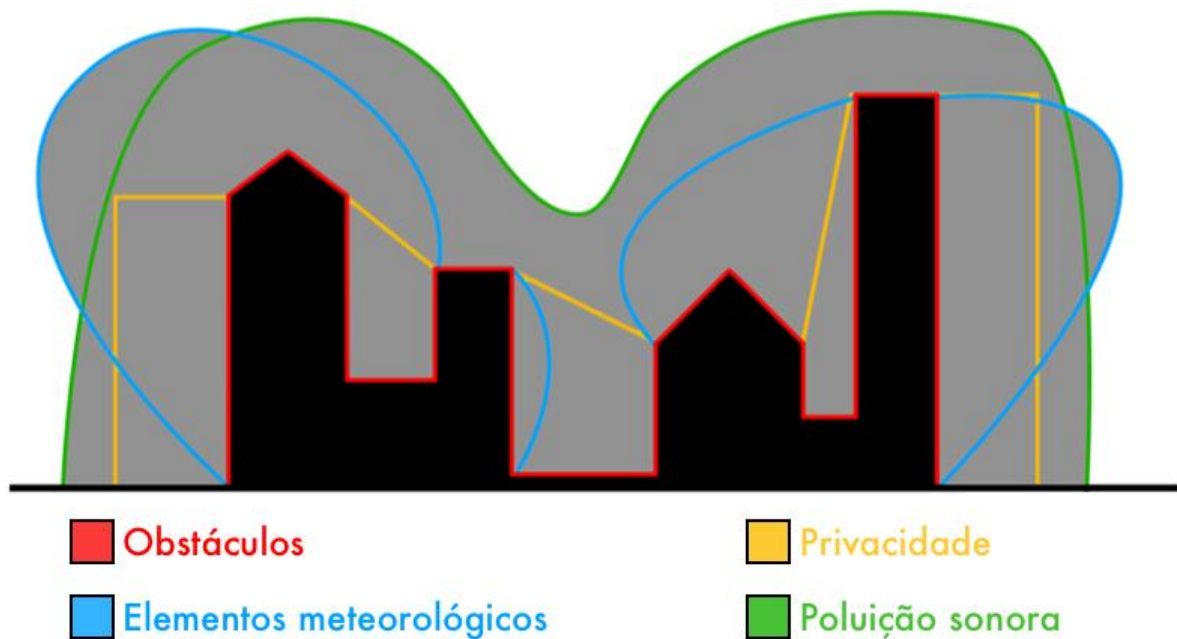


Figura 4: Envelope do espaço aéreo não útil ao voo (autor).

No que se refere a questões sobre segurança operacional, não apenas as grandes construções são consideradas como obstáculos, mas também outras aeronaves que fazem uso do mesmo ambiente. É necessário estabelecer uma separação segura entre elas, o que é comum no atual sistema de controle em voos comerciais dependendo da classe do espaço aéreo utilizado (BAURANOV; RAKAS, 2021). A diferença, porém, seria a precisão dos radares e sensores, dado que ela é configurada para a separação das atuais aeronaves comerciais, onde voam em uma área significativamente maior do que o espaço aéreo urbano, sendo necessária adaptá-la para uma tecnologia mais precisa para ser implementada nas operações com eVTOL.

Dado o exposto, pesquisas sugerem três tipos de separação entre as aeronaves: fixa, dinâmica e não-padronizada. Alguns autores sugerem que o primeiro tipo de separação seja de 0,3 a 0,1 milhas náuticas horizontalmente e 100 pés verticalmente, enquanto outros sugerem 0,36 milhas náuticas e 450 pés. Já o segundo tipo de separação considera os tipos de aeronaves.

Exemplificando, aeronaves mais automatizadas podem manter uma separação menor do que aeronaves mais simples por conta da tecnologia utilizada. Por fim, a separação não-padronizada é caracterizada pela filosofia do “ver e evitar”, onde o piloto estabelece contato visual com as aeronaves e mantém uma distância que ele julgue segura. (BAURANOV; RAKAS, 2021). Uma alternativa mais tecnológica do “ver e evitar” é “detectar e evitar”, onde a aeronave conta com uma mistura de *softwares* e *hardwares* que permite a aeronave detectar e desviar de obstáculos.

Além destes tipos de separação, a criação de trajetórias estratégicas baseadas na prevenção de colisão e mapas de zonas de contingência são métodos que podem ser utilizados em conjunto com os procedimentos anteriores. A *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), elaborou um sistema de *geofencing*¹¹ chamado de *Safeguard*, onde sua aplicação é canalizada para as aeronaves não tripuladas. Seu funcionamento baseia-se em três zonas distintas: contingência (limite da área permitida ao voo), término (região a qual o drone é desligado automaticamente) e não-voo (zona onde o drone não alcança com sua inércia após desligado), representado pela figura 5. Alguns problemas encontrados nesse sistema são: dependência do GPS, uso de canais de comunicação inseguros e uso de tecnologia de piloto automático não certificada (NASA, 2017). Transpondo esses problemas e adaptando seu uso para a mobilidade urbana, é um conceito interessante a ser analisado para sua implementação.

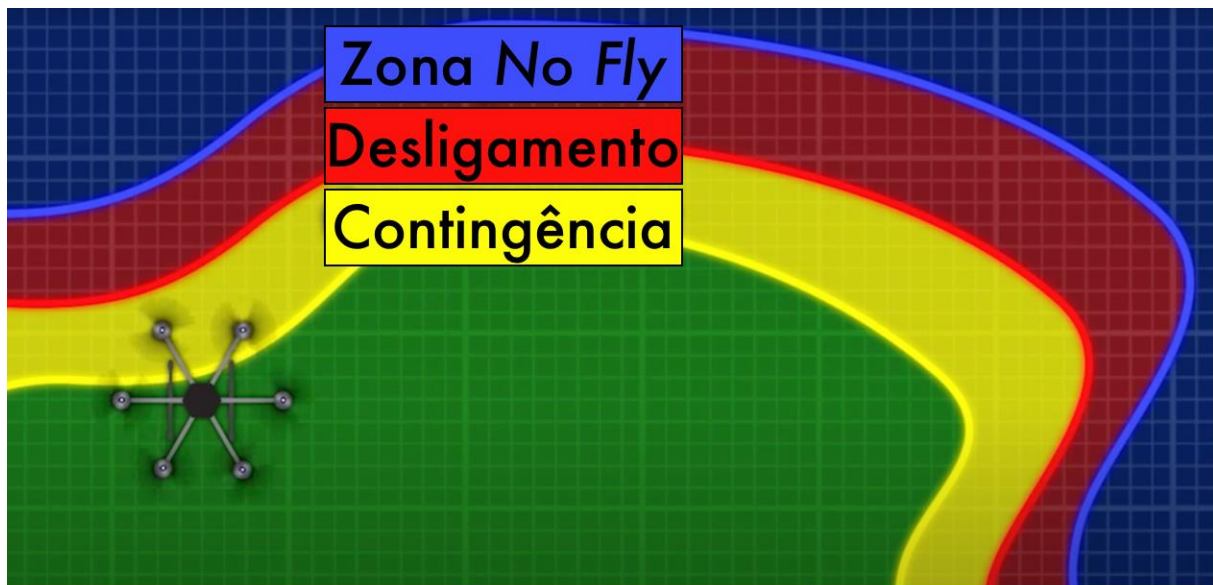


Figura 5: Sistema de *Safeguard* para aeronaves não tripuladas (adaptado de NASA, 2017, tradução livre).

¹¹ *Geofencing* é um sistema que cria um limite virtual em determinada região geográfica a partir do GPS ou identificação por radiofrequência, automatizando ações a partir da localização do dispositivo utilizado (SAFIRAST, 2022).

3.4 Aceitação da sociedade

Poluição sonora e visual, privacidade, segurança e acessibilidade são as principais preocupações que o público direto e indireto tem a respeito da mobilidade aérea urbana por motivos óbvios, o que dificulta a implementação e escalabilidade deste modelo de negócio. Para efeito de comparação, alguns estudiosos clamam que há certa similaridade entre o início deste mercado e o início da aviação comercial, a qual demorou décadas para atingir o mercado em massa. No entanto, os dois tipos de operações se diferem fortemente, trazendo certa imprevisibilidade em relação aos custos deste novo mercado, principalmente durante os estágios iniciais de sua implementação (COHEN; FARRAR; SHAHEEN, 2021).

No que concerne privacidade, deve-se ressaltar que existem vários tipos de privacidade que devem ser observadas, como privacidade da pessoa, de dados, de comportamento, de comunicação, de imagem, de pensamentos, de localização e de associação. Definir quais estão diretamente relacionados com a mobilidade aérea urbana, porém, é complexo uma vez que os veículos podem ter equipamentos e aplicações distintos entre si. Pensa-se que o cerne deste problema seria a percepção da privacidade, podendo ser atenuado pelo estabelecimento de voos mais altos, algo que depende inteiramente do *design* do espaço aéreo útil ao voo. Semelhantemente, questões sobre poluição sonora e visual também podem ser mitigadas com altitudes de voo mais altas, juntamente com o estabelecimento de voos em regiões com baixa densidade demográfica ou consolidando o tráfego com as rodovias, por exemplo (BAURANOV; RAKAS, 2021).

3.5 Baterias das aeronaves

De acordo com Armstrong (2021), a aeronave do tipo eVTOL tem desafios únicos em relação a suas baterias, exigindo que os engenheiros mudem sua perspectiva acerca dos sistemas de baterias e dos *designs* das aeronaves. Logo, ao desenvolvê-las, o fabricante deve entender a relação entre a sua performance e as necessidades dos operadores (apud REICHMANN, 2021).

A fim de atender às necessidades operacionais e logísticas, espera-se que as baterias tenham recarga rápida, o que diminui a necessidade de aquisição de mais aeronaves para atender certa demanda, longo tempo de vida útil, economizando em manutenção, alta densidade energética e boa relação massa-potência. Segundo Viswanathan (2021), esses fatores parecem

factíveis com a utilização de baterias de Li-Ion disponíveis comercialmente num curto prazo, mas o desafio seria aplicar todos esses fatores simultaneamente (apud HEAD, 2021).

Contudo, a empresa aeroespacial alemã Liliium reportou notáveis avanços na tecnologia de suas baterias, atendendo à necessidade de uma bateria com alta densidade energética, mas ainda em progresso no quesito de recarga. De acordo com a empresa, suas aeronaves podem ter alcance de 250km e estão trabalhando num sistema de recarga capaz de recarregar a bateria em 80 por cento em 15 minutos (HEAD, 2021).

CONCLUSÃO

O posicionamento de pesquisadores da área, de autoridades aeronáuticas e de grandes empresas da aviação a respeito deste nicho gera expectativas positivas de que, num futuro próximo, seja possível a sociedade usufruir de serviços de transporte aéreo seguros dentro de cidades por um preço relativamente acessível. Isto é evidenciado pelos negócios entre empresas do segmento aéreo e pelos compromissos firmados pelas autoridades aeronáuticas.

O histórico de acidentes aeronáuticos ocorridos no século XX nas operações de transporte de passageiros dentro de metrópoles salientou a veemente importância da segurança das atividades aéreas, portanto este fator deve ser priorizado.

Como os cenários dos helicópteros e drones são presumíveis referências no desenvolvimento desse novo tipo de operação utilizando o eVTOL, os *stakeholders* podem antecipar alguns problemas que possam ocorrer durante os estágios iniciais e adaptar estratégias que tiveram sucesso nesses dois contextos.

Com isso em mente, estima-se que, durante os estágios iniciais de operação, as aeronaves tipo eVTOL utilizarão as instalações dos helicópteros, visto que, de acordo com o nível de maturidade, as operações serão demonstrativas e deverão ocorrer em ambientes limitados. Essa ideia torna-se interessante pelo fato de São Paulo possuir a maior frota de helicópteros do mundo e um controle de tráfego aéreo exclusivo para helicópteros, logo, dispõe de uma instalação mais robusta.

É evidente que há diversos obstáculos em diferentes áreas a serem enfrentados para dar início às operações de transporte no espaço aéreo urbano. Conquanto, esses fatores dependem fortemente das características e das capacidades das futuras aeronaves a serem utilizadas pelos operadores. Devido a essa dependência, se faz necessário, principalmente, o investimento em pesquisas sobre o fornecimento energético das baterias das aeronaves, visto que esse é o maior impasse para a construção delas.

Conclui-se que, apesar dos vários desafios que devem ser superados, o surgimento da mobilidade aérea urbana está próximo e as perspectivas a respeito do seu futuro são otimistas a despeito de suas incertezas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Plano Estratégico 2020-2026**. Disponível em: <https://www.gov.br/anac/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/arquivos/Plano_20202026.pdf> . Acesso em: 25 mai. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PILOTOS DE HELICÓPTERO. **Estudo da ABRAPHE confirma São Paulo como capital mundial do helicóptero**. 2013. Disponível em: <<https://abraphe.org.br/estudo-da-abraphe-confirma-sao-paulo-como-capital-mundial-do-helicoptero/>>. Acesso em: 26 de maio de 2022.

BAURANOV, Aleksandar; RAKAS, Jasenka. **Designing airspace for urban air mobility: A review of concepts and approaches**. Maringa, 2007.

BITTENCOURT, Isaac. et al. **Controle do tráfego de helicópteros em São Paulo**. 2007.

COHEN, Adam; FARRAR, Susan; SHAHEEN, Susan. **Urban Air Mobility: History, Ecosystem, Market Potential, and Challenges**. 2021.

COHEN, Adam; SHAHEEN, Susan. **Urban Air Mobility: Opportunities and Obstacles**. 2021. Disponível em: <<https://escholarship.org/uc/item/0r23p1gm>>. Acesso em: 24 de maio de 2022.

DINIZ, Mitchel. Eve, da Embraer, confirma acordo para venda de mais 100 “carros voadores” até 2026. 2021.

EVE Air Mobility. **EmbraerX, Atech and Harris Corporation collaborate to envision a new paradigm of air traffic management for urban air mobility**. 2019. Disponível em: <<https://eveairmobility.com/embraerx-atech-and-harris-corporation-collaborate-to-envision-a-new-paradigm-of-air-traffic-management-for-urban-air-mobility/>>. Acesso em: 04 mai. 2022.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Urban Air Mobility and Advanced Air Mobility**. 2022. Disponível em:

<https://www.faa.gov/uas/advanced_operations/urban_air_mobility/>. Acesso em: 10 abr. 2022.

GARROW, Laurie; GERMAN, Brian; LEONARD, Caroline. **Urban air mobility: A comprehensive review and comparative analysis with autonomous and electric ground transportation for informing future research.** 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X21003788?via%3Dihub>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

GOODRICH, Kenneth; THEODORE, Colin. **Description of the NASA Urban Air Mobility Maturity Level (UML) Scale.** 2021. Disponível em: <<https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20205010189/downloads/UML%20Paper%20SciTech%202021.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

GRAYDON, Mallory; NEOGI, Natasha; WASSON, Kimberly. **Guidance for Designing Safety into Urban Air Mobility: Hazard Analysis Techniques.** 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/338399413_Guidance_for_Designing_Safety_into_Urban_Air_Mobility_Hazard_Analysis_Techniques>. Acesso em: 23 abr. 2022.

HEAD, Elan. **What we know about Lilium's eVTOL batteries so far.** 2021.

INFOMONEY. **Azul faz parceria de até US\$ 1 bilhão com empresa alemã para construir "carro voador" eVTOL.** 2021. Disponível em: <<https://www.infomoney.com.br/mercados/azul-faz-parceria-de-ate-us-1-bilhao-com-empresa-alema-do-carro-voador-evtol/amp/>>. Acesso em: 11 out. 2021.

LENCIONI, Sandra. **Helicópteros em São Paulo. O controle do espaço aéreo e a insubordinação dos helipontos.** Barcelona, 2014.

MONNET, Clement. **Closing This Chapter: Our Learnings On Transforming How People Move.** 2020. Disponível em: <<https://acubed.airbus.com/blog/voom/closing-this-chapter-our-learnings-on-transforming-how-people-move/>>. Acesso em: 23 abr. 2022.

MUSEUM OF FLIGHT. **Taylor Aerocar III**. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.museumofflight.org/aircraft/taylor-aerocar-iii>>. Acesso em: 25 mar. 2022

PASSARINHO, Nathalia. **COP26: Os principais fracassos e vitórias do acordo final da cúpula sobre mudança climática**. 2021.

REICHMANN, Kelsey. **Why Are Batteries a Problem for eVTOLs? 2021**. Disponível em: <<https://www.aviationtoday.com/2021/05/14/why-are-batteries-a-problem-for-evtols/>>. Acesso em: 18 set. 2021.

SILVA, Rafael. **Emissões de gases de efeito estufa geradas por aeronaves militares T-25 e T-27, na Base Aérea de Pirassununga – SP**. 2014. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/42679>>. Acesso em: 16 abr. 2022.

VITUG, Eric. **NASA Langley’s Safeguard System for UAVs Aims to Take Flight**. 2017. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/langley/business/feature/nasa-langley-s-safeguard-system-for-uavs-aims-to-take-flight>>. Acesso em: 18 set. 2021.

UNIPAMPA. **Portfólio**. 2015. Disponível em: <<https://sites.unipampa.edu.br/projetopegasus/files/2015/06/portfólio.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2022.