

CYRO ANDRÉ CRUZ

**A MOBILIDADE AÉREA URBANA E OS DESAFIOS PARA O
CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia apresentada ao Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra como requisito à obtenção do diploma do Curso de Altos Estudos de Política e Estratégia.

Orientador: Cel Av R1 Josué Batista de Jesus Neto

Rio de Janeiro
2021

Este trabalho, nos termos de legislação que resguarda os direitos autorais, é considerado propriedade da ESCOLA SUPERIOR DE GUERRA (ESG). É permitida a transcrição parcial de textos do trabalho, ou mencioná-los, para comentários e citações, desde que sem propósitos comerciais e que seja feita a referência bibliográfica completa. Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do autor e não expressam qualquer orientação institucional da ESG.

CYRO ANDRÉ CRUZ

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C957m Cruz, Cyro André

A mobilidade aérea urbana e os desafios para o controle do espaço aéreo brasileiro / Cel. Av. Cyro André Cruz.- Rio de Janeiro: ESG, 2021.
77 f. : il.

Orientador: Cel. Av. (R/1) Josué Batista de Jesus Neto
Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia apresentada ao Departamento de Estudos da Escola Superior de Guerra como requisito à obtenção do diploma do Curso de Altos Estudos Política e Estratégia (CAEPE), 2021.

1. Brasil. Força Aérea Brasileira. 2. Brasil. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. 3. Transporte urbano – Planejamento. 4. Aeroportos – Medias de defesa. 5. Aeronáutica comercial – Medidas de segurança. I.Título.

CDD – 327.81

Aos meus pais Douglas Gonçalves Cruz (*in memoriam*) e Jacintha André Cruz, maiores incentivadores da minha carreira, exemplos de comprometimento, dedicação e amor. À minha esposa Ângela e meus filhos Eduardo e Daniela, minha segurança, alegria e motivação para viver cada minuto.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, à minha família que esteve ao meu lado em todos os momentos, sempre me incentivando, a despeito das adversidades que a vida por vezes nos impõe.

Aos que colaboraram com a minha pesquisa, especialmente aos amigos do Departamento de Controle do Espaço Aéreo, que encontraram tempo na árdua rotina para me auxiliar nas indicações de temas relacionados, fornecendo diversos materiais de consulta.

Ao meu orientador, o Coronel R1 Av Josué Batista de Jesus Neto, pela dedicação, assertividade e precisão na condução do trabalho.

Ao Corpo Docente da ESG, pelos conhecimentos compartilhados para buscar estudar o Brasil, valorizando a nossa Pátria e com o objetivo de colaborarmos para melhorar a nossa sociedade.

Aos amigos estagiários do CAEPE da Turma Superação Nacional, os conhecidos '*galáticos*', pela amizade, companheirismo e espírito de união, fundamentais para a conclusão do curso de forma fraterna e harmoniosa.

Por fim, à Deus, onde deposito a minha fé e o eterno agradecimento por todas as coisas boas que acontecem na minha vida.

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso aborda a emergente Mobilidade Aérea Urbana como um novo meio de transporte nas já congestionadas grandes cidades e seus impactos no gerenciamento do controle de tráfego aéreo, que engloba outros atores como a aviação tradicional e sistemas de aeronaves não tripuladas. Após compreender este novo modelo e identificar as principais iniciativas no mundo, o estudo busca verificar como as autoridades do setor estão lidando com o tema, a partir de uma revisão da regulação e uma análise documental de concepções operacionais, proposições de procedimentos e estruturas do espaço aéreo. Trazendo para a realidade brasileira, a pesquisa aponta os primeiros passos para a inserção do modal no contexto atual, com a necessidade de um marco regulatório e a elaboração de uma concepção operacional específica, personalizada às necessidades locais, assim como reconhece os principais desafios para o futuro, como a sua integração em larga escala, que deverá contar com evoluções tecnológicas significativas em sistemas de controle de tráfego aéreo, comunicações de alta capacidade, vigilância em tempo real e navegação precisa e monitorada, para que haja uma ampla aceitabilidade na sociedade, viabilizando o seguro desenvolvimento do mercado.

Palavras-chave: Mobilidade Urbana. Espaço Aéreo. Gerenciamento. Desafios. Segurança. Eficiência.

ABSTRACT

This Final Course Paper addresses the emerging Urban Air Mobility as a new means of transport in already congested large cities and its impacts on air traffic control management, which encompasses other actors, such as traditional aviation and unmanned aircraft systems. After understanding this new model and identifying the main initiatives in the world, the study seeks to verify how the authorities of the sector are dealing with the issue, based on a review of the regulation and a documental analysis of concepts of operations, proposals for procedures and airspace structures. Bringing it to the Brazilian reality, the research points out the initial steps for the insertion of this modal in nowadays context, with a need for a regulatory framework and a elaboration of a specific Concept of Operations, customized to local needs, as well as endeavor to recognize the main challenges for the future, such as its large-scale integration, which should rely on significant technological evolution in air traffic control systems, high-capacity communications, real-time surveillance, and precise and monitored navigation so that there is broad acceptance in society, enabling the safe development of the market.

Keywords: *Urban Mobility. Airspace. Management. Challenges. Safety. Efficiency.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Congestionamento de tráfego urbano nos Estados Unidos.....	11
Figura 2 - Estudo de aceitação do conceito UAM na Europa.....	16
Figura 3 – Do Aeroporto Charles de Gaulle para o <i>15^{ème} Arr</i> de Paris	17
Figura 4 - Expectativa de passageiros UAM nos próximos 30 anos	18
Figura 5 – Mobilidade Aérea no Rio de Janeiro: além do eVTOL	19
Figura 6 - Projeto de eVTOL da HYUNDAI	20
Figura 7 - S4: o eVTOL da Joby Aviation pilotado remotamente.	21
Figura 8 - Lilium fecha acordo bilionário com a Azul Linhas Aéreas.....	22
Figura 9 - A GOL aposta em trajetos entre os centros urbanos e os aeroportos.....	23
Figura 10 - Volocopter 2X voa sobre o aeroporto de Le Bourget.....	23
Figura 11 - Apresentação do eVTOL MARKER	24
Figura 12 – Sem piloto a bordo, o EHang 216 é testado no Japão.....	25
Figura 13 - Versão de combate à incêndio do EHang 216.....	25
Figura 14 - Na esteira dos eVTOL, a possibilidade de navegação sobre o mar	26
Figura 15 - Classificação do Espaço Aéreo Norte-Americano	29
Figura 16 - Proposta para novas classes do Espaço Aéreo.	30
Figura 17 - A complexidade para estabelecer novos requisitos de separação	32
Figura 18 - Espaço Aéreo determinado pelos fatores de segurança e sociais	33
Figura 19 - Head-Worn Display (HWD) e a fusão de imagens.....	34
Figura 20 - Visão de futuro da Mobilidade Aérea Urbana	40
Figura 21 - <i>Sky-lanes</i> (direita) e <i>Sky-corridors</i> (esquerda).....	41
Figura 22 - Abordagem da FAA para a relação entre UAM, UTM e ATM	42
Figura 23 - Monitoramento de Conformidade.....	48
Figura 24 – EVA, o eVTOL da EVE sobrevoando Londres.....	50
Figura 25 – Rotas planejadas sobre distritos de Hamburgo	52
Figura 26 - Visualização da modelagem UATM na solução de conflitos	52
Figura 27 - Principais cenários para as demandas do eVTOL.....	56
Figura 28 - Sistema de gerenciamento de tráfego com caminhos virtuais.....	58
Figura 29 - Proposta de vertiportos e rotas para o Rio de Janeiro.....	61
Figura 30 - Simulação entre Niterói e Rio de Janeiro: 27 min x 2 min.	62
Figura 31 - Urca para a Barra da Tijuca na hora do <i>rush</i> : 41min x 7 min.	62
Figura 32 - Ilustração do eVTOL da EVE sobre o Rio de Janeiro.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Níveis de Maturidade para o UAM	35
Quadro 2 - Evolução do ambiente operacional.	43
Quadro 3 - MATRIZ SWOT para implantação do UAM no Rio de Janeiro	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADS-B	<i>Automatic Dependent Surveillance - Broadcast</i>
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ATC	<i>Air Traffic Control</i>
ATM	<i>Air Traffic Management</i>
BVLOS	<i>Beyond Visual Line of Sight</i>
CAA	<i>Civil Aviation Authority</i>
COMAER	Comando da Aeronáutica
CONOPS	Concepção Operacional
CPDLC	<i>Controller Pilot Data Link Communications</i>
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DLR	<i>German Aerospace Center</i>
eVTOL	<i>Electric Vertical Take-Off and Landing</i>
EASA	<i>European Union Aviation Safety Agency</i>
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
NAS	<i>National Airspace System</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
OACI	Organização da Aviação Civil Internacional
ONU	Organização das Nações Unidas
PSU	<i>Provider of Services for UAM</i>
SISCEAB	Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro
UAM	<i>Urban Air Mobility</i>
UAS	<i>Unmanned Aircraft System</i>
UATM	<i>Urban Air Traffic Management</i>
UML	<i>UAM Maturity Level</i>
UTM	<i>Unmanned Traffic Management</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 A MOBILIDADE AÉREA URBANA.....	15
2.1 Uma nova forma de se deslocar	16
2.2 eVTOL: mais próximo da realidade	19
3 O UAM E O CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO	27
3.1 Estrutura do Espaço Aéreo	29
3.2 Fatores determinantes para a geometria do Espaço Aéreo.....	32
3.3 Concepções Operacionais	37
3.3.1 NASA.....	37
3.3.2 FAA	41
3.3.3 Airservices Australia.....	46
3.3.4 UK CAA.....	49
3.3.5 DLR	51
3.3.6 MITRE	53
3.3.7 Roland Beger	55
3.3.8 Varon.....	57
4 DESAFIOS PARA O CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO.....	59
4.1 Primeiras iniciativas.....	59
4.2 Cenários Perspectivos.....	66
5 CONCLUSÃO	70
REFERÊNCIAS.....	72

1 INTRODUÇÃO

Afirmar que a tecnologia está rapidamente mudando o estilo de vida da sociedade pode parecer um clichê. Entretanto, há pouco mais de cem anos, um cavalo puxando uma carruagem ainda era o estado da arte no transporte terrestre. Desde então, em algumas décadas, veículos motorizados tornaram-se comuns, alterando a maneira como as pessoas estavam acostumadas a se locomover.

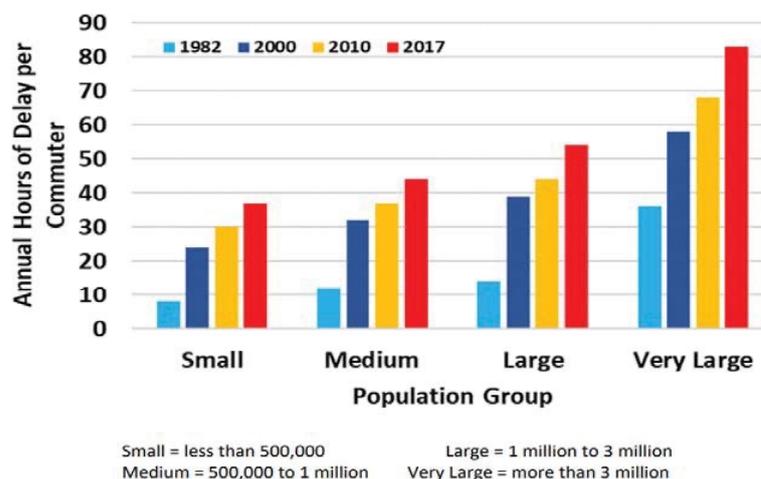
No início do século XX, uma viagem entre Brasil e Europa somente era viável por navio e a travessia durava de 13 a 15 dias ao passo que, atualmente, um avião comercial, pode-se fazer uma viagem de Guarulhos a Lisboa em somente dez horas. O desenvolvimento tecnológico nos modais de transporte tem sido exponencial em muitas áreas, principalmente na aviação.

Segundo estudos da ONU (2019), “55% da população mundial vive em áreas urbanas e a expectativa é que essa proporção aumente para 70% até 2050”.

Consequentemente, “são esperados o dobro de número de carros nas ruas e rodovias” que, associados com as limitações de infraestrutura, colocam a mobilidade urbana nos grandes centros como um constante desafio, exigindo soluções inovadoras para além das que existem hoje. (MOHIELDIN; VANDYCKE, 2017)

A cada ano, o tempo gasto em deslocamentos terrestre cresce, gerando custos significantes. Por exemplo, estadunidenses gastam aproximadamente 8.8 bilhões de horas por ano sentados em traslados, podendo chegar a 14 bilhões em 2023, se a tendência geral mostrada no gráfico abaixo for seguida:

Figura 1 - Congestionamento de tráfego urbano nos Estados Unidos



Fonte: Texas A&M Transportation Institute, 2019, p.6.

Com o aumento do tráfego e dos tempos de traslado, haverá aumento da demanda e, conseqüentemente, um mercado para transportes alternativos. Considerando aspectos de segurança, sustentabilidade e conveniência, o espaço aéreo acima das cidades pode ser uma dessas soluções.

Neste contexto, a mobilidade aérea no ambiente urbano se apresenta como uma solução promissora para enfrentar uma parte desse desafio.

No bojo da evolução tecnológica dos meios aéreos, já se configura no horizonte a popularização da utilização de veículos aéreos remotamente pilotados ou, futuramente, totalmente autônomos na mobilidade aérea urbana.

Segundo a EASA, a Agência de Segurança da Aviação na União Europeia (2021), o conceito UAM, da sigla em inglês *Urban Air Mobility*, poderia ser definido como “um novo sistema de transporte, seguro e sustentável, para passageiros e carga, dentro de ambientes urbanos, viabilizado por novas tecnologias e integrado com outros modais de transporte”.

Especificamente, se pretende utilizar equipamentos conhecidos por eVTOL (*electric Vertical Take-Off and Landing*), veículos com propulsão elétrica e decolagem/pouso verticais, no conceito UAM. Este conceito pode ser imaginado como verdadeiros táxis aéreos urbanos, fluindo em grandes metrópoles.

O potencial desse novo mercado fez com que nos últimos anos, empresas diversas, seja do setor aéreo, do setor automotivo e até mesmo algumas *startups* (novas empresas, com modelos de negócios inovadores) iniciassem uma verdadeira competição para conseguir efetivamente desenvolver essa inovação o mais rápido possível.

E toda essa disputa não é à toa. De acordo com a Morgan Stanley Research (2018), o mercado da Mobilidade Aérea Urbana pode chegar a mais de um trilhão de dólares até 2040. Sem dúvidas, um negócio promissor.

Em um artigo recente publicado no LinkedIn, O Sr. Daniel Moczydlower (2021), Presidente e CEO da EMBRAER X afirmou que “talvez em nenhum outro mercado esta corrida seja hoje tão disputada quanto naquele que vem sendo chamado de Mobilidade Aérea Urbana”.

É como também afirma em entrevista Felipe Varon (2021), fundador de uma *startup* que pensa nesse nicho de mercado, inclusive para a América Latina:

“Cidades ao redor do mundo, especialmente em países em desenvolvimento, sofrem com a sistemática falta de infraestrutura apropriada [...] Vejo o UAM em seu todo como uma nova infraestrutura de mobilidade, focada em resolver problemas urbanos”.

Entretanto, algumas barreiras podem dificultar a inserção desse novo meio de transporte. Podem ser citadas questões relacionadas às certificações dos veículos, impactos de ruído, segurança cibernética, mas, principalmente, a integração segura no espaço aéreo, compartilhando com outras aeronaves. Essa é uma questão que vem desafiando as principais organizações de prestação de serviços de navegação aérea no mundo.

E no Brasil, a implementação deste conceito pode implicar em uma reestruturação na maneira como o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) realiza o Gerenciamento do Tráfego Aéreo (*Air Traffic Management* - ATM).

Ainda que de forma embrionária, o DECEA está ciente dessa necessidade, já prevê em sua Concepção Operacional do Gerenciamento do Tráfego Aéreo Nacional que o UAM exista como um subconjunto do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB), assim descrito:

“Sistema concebido com o objetivo de proporcionar o Gerenciamento de Tráfego Aéreo dentro e entre ambientes urbanos e rurais, mediante a integração colaborativa de pessoas, informações, tecnologia, instalações, serviços, apoiados por comunicações, navegação e vigilância baseadas em terra, a bordo e/ou no espaço” (BRASIL, 2021).

Com isso esse estudo pretende avaliar os impactos no SISCEAB decorrentes da futura utilização dessas aeronaves na mobilidade em ambiente urbano.

Para tal, será mister uma revisão bibliográfica para observar os aspectos da regulação em vigor, além de uma pesquisa exploratória para avaliar concepções paralelas no exterior, sinalizando as prováveis mudanças no SISCEAB para viabilizar o conceito UAM. Da mesma forma, é importante compreender a capacidade instalada de infraestrutura aeronáutica, projetando perspectiva futura para viabilizar os procedimentos navegação aérea dos veículos empregados na Mobilidade Aérea Urbana. E por fim, igualmente, verificar os equipamentos e sistemas de comunicação, navegação e vigilância existentes no SISCEAB, identificando possíveis iniciativas de aprimoramento para atender os requisitos da Mobilidade Aérea Urbana.

Apesar de complexo por si só, e sendo necessário uma contextualização geral, é igualmente correto precisar que esse estudo aborda principalmente os desafios relacionados ao gerenciamento de tráfego aéreo nas metrópoles brasileiras e às prováveis mudanças no SISCEAB, com a inserção da Mobilidade Aérea Urbana.

Conseqüentemente, a intenção é que pesquisa em tela esteja mais limitada às competências do DECEA, que é o órgão do Comando da Aeronáutica (COMAER) responsável pela prestação de serviços de navegação aérea no Brasil.

Por ser um tema muito extenso e que percorre diversas áreas, não há a pretensão de avançar em assuntos relacionados a aspectos extremamente técnicos dos veículos eVTOL como aeronavegabilidade, licença de pessoal para os pilotos remotos ou certificações de exploradores/operadores, notadamente de responsabilidade da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC).

Tampouco, pretende investigar questões relacionados ao licenciamento de frequências e suas particularidades, como interferências, sejam elas intencionais ou não, atribuídos à Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL).

Portanto, o tema não deve ser encerrado nesse estudo, abrindo diversas possibilidades para pesquisas futuras.

Por conseguinte, a fim de manter os padrões de segurança e eficiência do SISCEAB, extremamente importante no desenvolvimento do país, este estudo busca compreender os desafios para a implantação do conceito da UAM no referido sistema, de modo a proporcionar um ambiente favorável à sua integração com outros modais, proporcionando assim benefícios para a indústria e, principalmente, para os usuários, ou seja, para a própria sociedade.

2 A MOBILIDADE AÉREA URBANA

Considerado o “Profeta da Inovação”, Joseph Alois Schumpeter (1985) afirmava que empreender é “inovar a ponto de criar condições para uma radical transformação de um determinado setor, ramo de atividade, território, onde o empreendedor atua: novo ciclo de crescimento, capaz de promover uma ruptura no fluxo econômico contínuo”.

Acompanhando esses pensamentos e trazendo para o âmbito brasileiro, tratar de inovações é uma das importantes premissas da Política Nacional de Defesa (2020a), como pode-se verificar:

“os países que investem em inovação e produzem tecnologias disruptivas aumentarão o seu nível de desenvolvimento e bem-estar da população, enquanto aqueles que absorvem tecnologias sem investir em seu próprio processo de conhecimento, e na modernização autóctone de suas capacidades produtivas seguirão exercendo papel secundário no cenário mundial, sem agregar benefícios as suas populações”.

E como não poderia deixar de ser, até pela sua história e importância no cenário nacional e internacional, uma das empresas da base industrial brasileira a fomentar efusivamente as inovações disruptivas é a EMBRAER.

Como é de conhecimento, a EMBRAER é uma das maiores empresas da aviação no mundo. Para se dedicar à inovação, criou a EMBRAER X, sendo uma das que está tratando dos conceitos e desenvolvimento da Mobilidade Aérea Urbana. Sobre o assunto concebeu o *Flight Plan 2030* para a Mobilidade Aérea Urbana onde destaca que: “A aviação nunca para de inovar. Sonhamos com um futuro em que o dom do voo esteja ao alcance de todos e olhamos para o céu com expectativa. Junte-se a nós na construção do próximo capítulo da aviação”, reafirmando a sua vocação para a inovação. (EMBRAER X, 2019a, p. 4, tradução nossa)

A Mobilidade Aérea Urbana cresceu tanto dentro da EMBRAER X que, como veremos adiante, decidiram por criar outra empresa, especificamente para lidar somente com esse tema e de forma holística: a *EVE Urban Air Mobility*.

Assim como a EMBRAER, várias empresas ao redor do mundo estão em busca de compreender, desenvolver e construir esse novo modal aéreo, que vai muito além do próprio veículo.

2.1 Uma nova forma de se deslocar

Análises recentes do Ministério de Infraestrutura da Austrália (2020) sugerem que a Mobilidade Aérea Urbana tem a expectativa de atingir 10.1 milhões de viagens até 2040. A projeção é que o crescimento seja lento até 2030, mas depois, tenha um rápido incremento, chegando à saturação até 2040.

Para a EASA (EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY, 2021, p. tradução nossa), a Mobilidade Aérea Urbana, deve ser implantada na Europa dentro três a cinco anos, tanto para carga quanto para passageiros, oferecendo uma solução de mobilidade mais rápida e sustentável.

Apesar de ressaltar que as preocupações com segurança sempre vêm em primeiro lugar, “estudos mostram que os cidadãos europeus acreditam nos níveis atuais de segurança da aviação e que esses níveis se aplicam ao UAM”.

Isso pode ser explicado porque, além de mais rápido, de acordo com Savage (2018), “o modal aéreo é de longe considerado o meio de transporte mais seguro no mundo”.

Em recente pesquisa da EASA (2021), cidadãos europeus mostraram uma postura positiva e interesse no Conceito UAM como um novo e atrativo meio de transporte. Conforme dados do estudo, a maioria estaria pronta para testá-lo:

Figura 2 - Estudo de aceitação do conceito UAM na Europa



Fonte: (EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY, 2021)

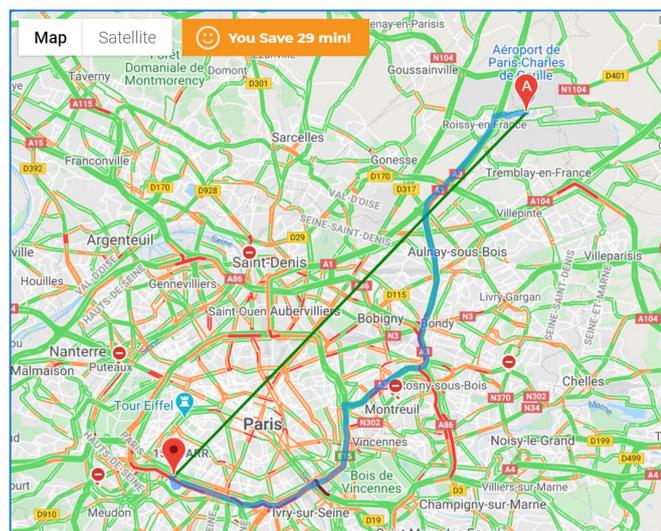
E os consequentes benefícios são óbvios. De acordo com pesquisadores do MIT, em colaboração com a EVE, “os viajantes serão capazes de economizar tempo porque um eVTOL poderá sobrevoar obstáculos naturais, construções e o tráfego

urbano, evitando também restrições de infraestrutura no solo, como redes ferroviárias e rodoviárias”. (WIJAYA et al, 2021)

O site SkyStations elaborou um sistema interativo para comparar viagens de carro com trechos utilizando eVTOL, no Conceito UAM, para se perceber quanto tempo seria economizado. Segue abaixo um exemplo, com a respectiva economia gerada:

Figura 3 – Do Aeroporto Charles de Gaulle para o 15^{ème} Arr de Paris

	Car 24.85 Miles / 40.0 Km 39 min
	Air Taxi 17.13 Air Miles / 27.57 Km 10 min



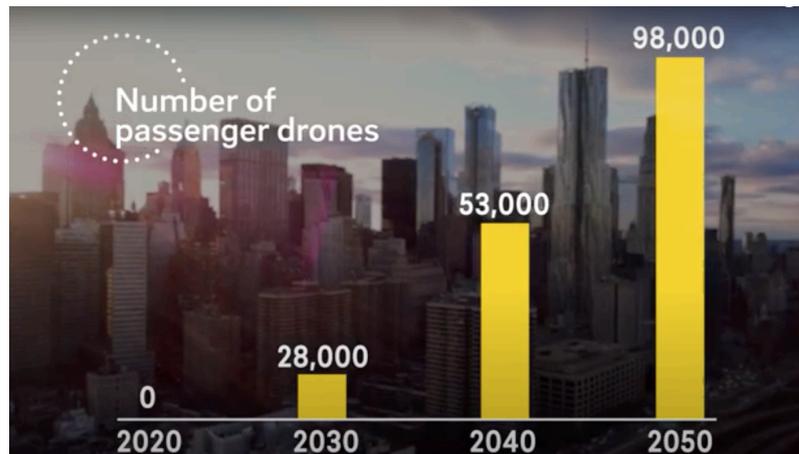
Fonte: SKYSTATIONS, 2021.

A diferença fica ainda maior se forem considerados horários de alto congestionamento, comuns em grandes cidades.

O Fórum Econômico Mundial (2020), em parceria com a prefeitura de Los Angeles, desenvolveu uma pesquisa para implementação do UAM naquela cidade. Na pesquisa, foram definidos sete princípios fundamentais para o crescimento do sistema. São eles: “segurança, sustentabilidade, equidade de acesso, baixo ruído, conectividade multimodal, força de trabalho local (com oportunidades de emprego) e compartilhamento de dados (para atender aos passageiros)”.

Em entrevista, o Sr. Manfred Hader, Chefe do setor Aeroespacial e Defesa da Roland Berger Research (2019), afirma que o promissor mercado “não é somente sobre a aeronave, mas tudo a ao seu redor. Será necessária toda uma infraestrutura de solo (chamadas de “vertiportos”), gerenciamento de tráfego aéreo, sistemas de controle e infraestrutura de cobrança”.

Figura 4 - Expectativa de passageiros UAM nos próximos 30 anos



Fonte: ROLAND BERGER, 2019.

Recentemente, em outra entrevista, afirmou que a indústria UAM deveria ser vista como um sistema que pode ser dividido em cinco diferentes blocos: “o veículo (eVTOL), manutenção e reparos, operações, infraestrutura física (vertiportos) e infraestrutura digital (centros de controle, sistemas de gerenciamento de tráfego aéreo, e auxílios à navegação, como redes 5G)”. (HADER, 2020)

Além dos passageiros, há, portanto, excelentes potencialidades para o mercado. De acordo com um estudo de modelo de mercado para o UAM feito pelo McKinsey Center (2018), “são estimadas a criação de mais de 90.000 postos de trabalho até 2030”.

A EVE *Urban Air Mobility*, por exemplo, tem avançado rapidamente no desenvolvimento de soluções para viabilizar o conceito UAM, nos blocos citados por Hader. Conforme noticiado em seu próprio site, é impressionante a velocidade da movimentação do mercado nos últimos dias.

No mês de junho, acumulou pedidos de 250 eVTOL, sendo 200 para a HALO, empresa que fornece serviço para os Estados Unidos e para o Reino Unido e 50 para a brasileira Helisul, com previsão de iniciar a operação a partir de 2026. (EVE, 2021a)

Como dito, o UAM vai além da fabricação do veículo. Sobre as parcerias da EVE, “o mais recente acordo envolve a Skyports, que atua no segmento de vertiportos, para desenvolver os procedimentos operacionais”. (AEROMAGAZINE, 2021)

Ainda conforme a revista Aeromagazine (2021), em contrapartida, as empresas irão empregar o novo software de Gestão de Tráfego Aéreo Urbano (UATM), serviço necessário para sua operação. “O sistema de software de

gerenciamento de tráfego aéreo será fornecido pela Atech, pertencente também a EMBRAER”.

Além dessas iniciativas, a EVE também acertou uma parceria com a empresa Ascent, que possui uma “plataforma que permite os usuários reservar voos, assim como gerenciar a operação dos voos”. (EVE, 2021c)

E por fim, acertou um acordo de cooperação com a empresa Beacon, também incubada na EMBRAER X, responsável pela coordenação de serviços de manutenção, através da sua “plataforma multifacetada, que conecta e sincroniza recursos da indústria, a cadeia de suprimentos de reposição e profissionais de aviação de uma maneira mais ágil e eficiente para manter a aeronave voando”. (EVE, 2021b)

Figura 5 – Mobilidade Aérea no Rio de Janeiro: além do eVTOL



Fonte: EVE, 2021.

Mas não basta resolver as equações complexas para viabilizar o sistema. Como ainda afirmou o Sr. Manfred Hader (2018) o UAM precisa atender algumas premissas chaves para se tornar um negócio interessante, a saber: “Ser a opção mais rápida, ter tarifas razoáveis, promover um voo prazeroso e seguro, ser uma solução de mobilidade integrada e ser conveniente para o passageiro”.

Para dissecar um pouco mais o UAM como um conceito global, serão apresentadas algumas proposições e suas peculiaridades, bem como os desafios da integração do conceito no sistema atual.

2.2 eVTOL: mais próximo da realidade

Como visto, a Mobilidade Aérea Urbana deve empregar veículos elétricos com capacidade de decolagem e pouso verticais, os chamados eVTOL, em demandas

diversas como taxi aéreos, seja para o transporte de passageiros ou de cargas dentro de áreas metropolitanas.

O Fórum Econômico Mundial (2020), em uma das conclusões de seu estudo, corroborou as tendências de mercado quando afirmou que, os eVTOL, quando comparados aos helicópteros, foram considerados “quatro vezes mais silenciosos, quinze vezes mais confiáveis, duas vezes mais seguros e dez vezes mais baratos”.

De acordo com o Sr. Jim Sherman da *Vertical Flight Society* durante o webinar *Stocktaking e-VTOL & urban air mobility* da OACI (2021b), a associação já catalogou “cerca de 250 empresas e projetistas e aproximadamente 460 aeronaves para atuar na mobilidade aérea urbana”. A sociedade, fundada em 1943 como associação americana de helicópteros, hoje abarca a indústria dos eVTOL, envolvendo engenheiros, especialistas em segurança, treinamento, pesquisa e desenvolvimento e entes governamentais. Ou seja, trata-se de um fórum que pretende reunir todos os integrantes da comunidade para enfrentar os desafios.

Além da já citada EVE, diversas empresas estão envolvidas em projetos de eVTOL, notadamente empresas do setor aéreo, como AIRBUS, do setor automotivo, como a Hyundai e a Porsche, dentre outras e várias *startups*, como as americanas Joby e Archer, as alemãs Lilium e Volocopter, a britânica Vertical e a chinesa eHang.

No caso da Hyundai, a expectativa era de que os primeiros veículos S-A1 fossem comercializados em 2028. Entretanto, como explicou o CEO da divisão norte-americana da marca, José Muñoz, a novidade deve ser vista antes do previsto. Ele afirmou que “a utilização do veículo aéreo pessoal pode começar já em 2025, ou seja, 3 anos antes do pensado inicialmente”. (OLIVEIRA, 2021)

Figura 6 - Projeto de eVTOL da HYUNDAI



Fonte: QUATRO RODAS, 2021

A *startup* norte americana Joby Aviation planeja ter o serviço para passageiros prontos até 2024, em cidades como Los Angeles, Miami, Nova York e São Francisco. Assim como outras companhias do setor, a Joby Aviation, que já testa seus veículos em céus californianos, prevê “um futuro em que seus veículos operem de forma autônoma, mas diz que haverá um período de transição significativo, quando os pilotos ainda precisarão estar a bordo, nem que seja para tranquilizar os passageiros”. (CHAPMAN; STONE, 2021)

Joe Ben Bevirt, co-fundador e chefe executivo da Joby Aviation disse que “os pilotos serão como nossos embaixadores, ajudando as pessoas a ficarem confortáveis com esse novo modo de transporte”. (OACI, 2021b)

Segundo Max Fenkell, Chefe de Políticas e Assuntos Governamentais da Joby Aviation, o eVTOL de sua empresa é incrivelmente mais silencioso (65 dB em procedimentos de pouso e decolagem e 40 dB em voo de cruzeiro, quase inaudível do solo). Além disso, não haverá emissões de gases poluentes, com um design simples para um piloto e quatro passageiros, com custos viáveis de operação. Sua autonomia é de 150 milhas e pode chegar à velocidade máxima de 200 kt. (OACI, 2021b)

Em sua visão, além de fabricar o veículo, a Joby Aviation está se preparando para “realizar as manutenções necessárias. Os pilotos também serão da empresa. A ideia é atuar diretamente nas operações, em conjunto com a Uber. Então, a Joby estará ligada ao mesmo aplicativo, formando todo um ecossistema”. (OACI, 2021b)

Figura 7 - S4: o eVTOL da Joby Aviation pilotado remotamente.



Fonte: JOBY AVIATION, 2021.

Outro anúncio recente impactante foi o acordo entre a alemã Lilium e a companhia brasileira Azul Linhas Aéreas. Com o mercado aquecido, o projeto prevê a aquisição de 220 aeronaves eVTOL, como uma solução regional para a mobilidade aérea urbana. Segundo o site da Lilium (2021), “o acordo comercial com valor estimado de um bilhão de dólares, tem a expectativa de iniciar a operação até 2025”.

Ainda de acordo com o *press-release* emitido, enquanto a Lilium forneceria uma plataforma de monitoramento da aeronave, baterias e outras peças de reposição, “a Azul apoiaria com os processos de aprovações regulatórias necessários no Brasil”. (LILIUM, 2021)

Figura 8 - Lilium fecha acordo bilionário com a Azul Linhas Aéreas



Fonte: LILIUM, 2021.

No embalo essa iniciativa, a GOL Linhas Aéreas fechou a intenção de receber 250 aeronaves eVTOL VA-X4, da britânica Vertical. Com capacidade para quatro passageiros, além do piloto, a intenção inicial não é focar em deslocamentos regionais, mas nos ambientes internos nas cidades. “Em vez disso, a ideia é transportar os passageiros desde grandes centros urbanos até os aeroportos – e vice-versa”. (EXAME, 2021)

Mas a empresa aérea admite que outros negócios poderão surgir, como transporte de encomendas e serviços aeromédicos.

Figura 9 - A GOL aposta em trajetos entre os centros urbanos e os aeroportos.



Fonte: EXAME, 2021.

Já a alemã Volocopter é outra que tem seu projeto adiantado. Como a primeira a obter a certificação da EASA (*Design Organisation Approval*), a empresa conduziu a sua primeira demonstração do seu Volocopter 2x, completando um curto voo de três minutos no aeroporto de Le Bourget, durante a *Paris Air Show*.

Quem acompanhou a demonstração do voo, viu o Volocopter 2X completar uma rota de 500 metros, a velocidades de até 30 km/h. Este evento público, que “marca o início de testes e da campanha de desenvolvimento de mercado, foi realizado em cooperação com a Autoridade de Aviação Civil Francesa, visando trazer aeronaves eVTOL para a região da *Île-de-France*”. (PRITCHARD, 2021)

Figura 10 - Volocopter 2X voa sobre o aeroporto de Le Bourget



Fonte: VOLOCOPTER, 2021.

Já Eric Wright, Chefe de testes e certificações da norte americana Archer, deposita todas suas apostas na sustentabilidade. Acredita que o grande diferencial é “a visão de aprimorar a mobilidade, dirigindo o mundo para um futuro de zero emissões” (OACI, 2021b)

Nesse sentido, o projeto da Archer prevê “infraestruturas de solo providas com energia solar e/ou eólica e uma reutilização ecológica das baterias”. (OACI, 2021b)

O eVTOL Marker da companhia tem a fuselagem fabricada a partir de compostos de carbono, possui 60 milhas de autonomia, com velocidade de até 150 kt e produz somente 45 dB de ruído, muito pouco se comparado aos 93 dB dos helicópteros.

Figura 11 - Apresentação do eVTOL MARKER



Fonte: ARCHER, 2021.

Com previsão de lançamento comercial para 2024, o evento de apresentação do “Maker contou com o apoio do pedido comercial da United Airlines. Além disso, com a fusão recentemente anunciada com a Atlas Crest Investment Corporation, a Archer está hoje avaliada em US\$ 3,8 bilhões”. (GIANOTO, 2021)

Talvez o projeto mais ousado seja o da chinesa EHang. Conforme o Sr. Edward Xu, chefe do escritório de estratégia da empresa, os veículos serão “totalmente autônomos, eletricamente motorizados e com zero emissões de carbono”. (OACI, 2021b)

Testados desde 2016, o EHang 216 é o seu principal eVTOL, realizando seus primeiros testes sem piloto para autoridades japonesas, perto de Honshu.

Figura 12 – Sem piloto a bordo, o EHang 216 é testado no Japão



Fonte: EHANG, 2021

Há ainda uma versão para combate a incêndio e outra para fins logísticos, podendo transportar até 200 kg.

Figura 13 - Versão de combate à incêndio do EHang 216



Fonte: EHANG, 2021.

Já a série VT, como o recém apresentado VT-30, tem capacidade para duas pessoas, com objetivo de “prover o transporte entre cidades próximas, como Guangdong, Hong Kong e Macau” (OACI, 2021b).

Para o controle dos eVTOL totalmente autônomos, a empresa chinesa desenvolveu um grande centro de Comando e Controle, onde todos os voos serão monitorados.

Outra iniciativa visionária e diferente das demais é da Brittany Ferries, com a ideia de se produzir uma aeronave com características de uma balsa sobre um *hidrofoil*, para fazer a travessia do Canal da Mancha. Frederic Pouget, Diretor de

Portos e Operações da Brittany Ferries, o descreve que “trata-se de trazer desafios do mundo real e aplicações potenciais para o pensamento da empresa em um estágio inicial”. Esses *flying-ferries* “devem viajar de Portsmouth a Cherbourg em apenas 40 minutos, transportar até 150 passageiros e poderão estar em serviço em 2025” (URBAN AIR MOBILITY NEWS, 2021)

Figura 14 - Na esteira dos eVTOL, a possibilidade de navegação sobre o mar



Fonte: URBAN AIR MOBILITY NEWS, 2021.

Após esse panorama global, passando pelos principais projetos no mundo, é entusiasmante querer que estejam disponíveis o mais rápido possível.

Mas dentre todos os desafios, talvez o que mais dificulte o início do mercado é como integrá-lo no cenário atual, com aeronaves comerciais, da aviação geral, helicópteros tradicionais e as aeronaves remotamente pilotadas, num ambiente também congestionado. Apesar desse cenário desafiador, há caminhos possíveis, desde que, porém, haja grande colaboração entre todos os envolvidos. É o que será discutido a seguir.

3 O UAM E O CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO

Como afirmado, o sucesso para o estabelecimento seguro e eficaz de um gerenciamento de tráfego aéreo no conceito de Mobilidade Aérea Urbana (UAM) no Brasil dependerá da colaboração de todos os envolvidos. A principal instituição que liderará esse processo no Brasil é o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), órgão do Comando da Aeronáutica, dadas as suas competências e responsabilidades como seguem:

O artigo 21, inciso XII, alínea “c”, da Constituição da República (1988) dispõe que “compete a União explorar diretamente ou mediante autorização, permissão ou concessão a navegação aérea”.

Tal dispositivo constitucional é regulamentado pelo Código Brasileiro de Aeronáutica (CBA), Lei 7.565/1986, que apesar de ser anterior a Constituição de 1988, foi por ela recepcionado, ou seja, está em vigor.

O CBA trata em diversos artigos da competência do Ministério da Aeronáutica (hoje Comando da Aeronáutica – COMAER), por força do disposto no artigo 19 da Lei Complementar nº 97/1999.

O Decreto 6.834/2009 aprova a estrutura regimental do COMAER, tratando do controle do espaço aéreo no seu artigo 1º; artigo 3º, incisos XIV, XV e XVI; especialmente os artigos 4º, inciso IV, alínea ‘e’ que define o DECEA como seu Órgão de Direção Setorial e o artigo 19, que define as suas competências como Órgão Central do SISCEAB, a saber, “planejar, gerenciar e controlar as atividades relacionadas com o controle do espaço aéreo com a proteção ao voo, com o serviço de busca e salvamento e com as telecomunicações do Comando da Aeronáutica” (BRASIL, 2009).

Internacionalmente, em conjunto com a ANAC, o DECEA representa o Brasil na Organização de Aviação Civil Internacional (OACI), instituição subordinada a Organização das Nações Unidas (ONU), que conta com 191 países signatários e tem o objetivo principal de harmonizar a aviação mundial através de documentos e procedimentos padronizados, tornando-a segura e eficiente.

Perseguindo esse princípio, um dos principais documentos da OACI que trata do Gerenciamento de Tráfego Aéreo é o Doc 4444 - *Procedures for Air Navigation Services — Air Traffic Management* (2016), que descreve claramente que:

“Os Estados devem assegurar que o nível do Serviço de Tráfego Aéreo (ATS) e as comunicações, navegação e vigilância, bem como os procedimentos ATS aplicáveis ao espaço aéreo ou aeródromo em questão, são apropriados e adequados para manter um nível aceitável de segurança.”

Com esse foco, ao longo dos anos, o DECEA vem aprimorando os serviços prestados. Tanto que o Brasil, em serviços de Navegação Aérea, foi auditado pela OACI, sendo avaliado com 97,02% de índice de conformidade, valores superiores a países como Estados Unidos (86,66%), França (86,90%) e Alemanha (86,39%). (OACI, 2021a)

Em 2019, a OACI publicou a 6ª edição do Doc 9750 - *Global Air Navigation Plan*, um documento estratégico, que tem como objetivo avaliar os desafios do futuro da aviação, considerando sempre que segurança é primordial. Nele, o UAM é citado como um dos futuros impulsionadores do setor:

“O crescimento do tráfego aéreo será impulsionado por novos tipos de aeronaves e veículos, desde pequenas aeronaves não tripuladas a **táxis aéreos urbanos autônomos**, balões de alta altitude, veículos espaciais comerciais ou voos supersônicos e hipersônicos na atmosfera superior”. (OACI, 2019, p. 14, grifo nosso)

Nesse mesmo sentido, publicada recentemente pelo DECEA, a Concepção Operacional de Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM) Nacional (BRASIL, 2021, p. 20, grifo nosso) registra que:

“A implantação e a operação de um Sistema ATM seguro e eficiente, considerando seus princípios básicos e as expectativas da Comunidade ATM, devem gerar benefícios para todos os interessados tradicionais e possibilitar o acesso de novos usuários do espaço aéreo, contribuindo, **inclusive, com a implantação do conceito de Mobilidade Aérea Urbana (UAM)**”.

Apesar de citados nas publicações da OACI e do DECEA, ainda não há uma regulação específica sobre a Mobilidade Aérea Urbana e como lidar com esses novos usuários do espaço aéreo, bem como sua convivência com os meios tradicionais já existentes.

E para iniciar esse processo de integração no Brasil, é preciso conhecer a forma como é estruturado o Espaço Aéreo e suas particularidades, de modo a identificar as possibilidades do UAM e desafios para sua inserção, atendendo a todos os usuários do sistema.

3.1 Estrutura do Espaço Aéreo

A Organização de Aviação Civil Internacional (OACI), no Anexo 11 da Convenção de Aviação Civil Internacional, conhecida como Convenção de Chicago, classifica o espaço aéreo em sete classes, podendo ser espaços aéreos controlados (A, B, C, D e E) e não controlados (F e G), dependendo dos serviços de tráfego aéreo e outros requisitos de voo que definem certas regras para cada uma delas. Com isso, é determinado como cada aeronave deve se portar em termos de responsabilidades e performance de voo, assim como de que forma o órgão de controle vai interagir com cada aeronave. (OACI, 2018a)

Apesar do Artigo 38 da Convenção (2006) prever que, “caso um Estado Contratante considere necessário adotar regulamentações que difiram em qualquer aspecto particular das normas internacionais estabelecidas, o mesmo deve apresentar tal diferença”, a maioria dos países signatários segue os padrões e recomendações da OACI e assim classificam o Espaço Aéreo, como pode-se observar na divisão feita pela estadunidense FAA:

Figura 15 - Classificação do Espaço Aéreo Norte-Americano



Fonte: FAA, 2021.

O Brasil, por meio do DECEA, também segue essa linha e, de igual maneira, classificou o espaço aéreo brasileiro em Classes de A a G, para definir os tipos de serviços de tráfego aéreo serão prestados. (BRASIL, 2020c)

Dessa forma, pode-se estabelecer o tipo de serviço a ser prestado para aeronaves, seja voando sob regras de voo por instrumentos ou visual, provendo os

tipos de separação, informação de voo e alerta, limitações de velocidade e altitude, requisitos de comunicação e autorizações.

Entretanto, para o conceito de Mobilidade Aérea Urbana, esse modelo de divisão não se mostra viável porque estima-se a sua operação em praticamente todos as classes de espaço aéreo, com requisitos bem diferentes das aeronaves convencionais.

Apenas inserir o novo conceito dentro das características atuais implicaria em uma necessidade de aumentar exponencialmente a capacidade de gerenciamento de tráfego aéreo para lidar com a quantidade de operações dentro de uma mesma classe, fora o alto custo agregado que acarretaria. “É mais provável que o UAM seja conduzido dentro de um novo e separado conceito de espaço aéreo, com um novo conjunto de regras e padrões”. (BAURANOV; RAKAS, 2021, p. 2, tradução nossa)

Esse novo sistema deverá ser mais complexo que as sete classes de espaço aéreo estabelecidos atualmente pela OACI. A dificuldade de separar, de modo seguro, veículos aéreos em espaços aéreos urbanos densos, pode ser reduzida através de um cuidadoso projeto de novas estruturas de espaço aéreo, de modo a mitigar a complexidade e incrementar a sua capacidade. É o que mostra o estudo CORUS, uma Concepção Operacional para o espaço aéreo inferior, realizado pela Agência Europeia de Segurança da Aviação (2019), com a possibilidade de criação de novas classes de espaço Aéreo, conforme sugere a figura a seguir:

Figura 16 - Proposta para novas classes do Espaço Aéreo.



Fonte: EASA, 2019.

Essas novas classes de Espaço Aéreo (como X, Y e Z), permitiria uma “diferenciação mais significativa na prestação de serviços de resolução de conflitos”. (EASA, 2019)

Porém, inicialmente, em função do desenvolvimento tecnológico, da evolução regulatória e a aceitação dos usuários, o emprego dos eVTOL tende a ser tripulado. Portanto, a fim de viabilizar o início dos voos, poderiam ser empregadas as regras atualmente adotadas para helicópteros. Mas, mesmo assim, ainda há restrições operacionais ao que se pretende.

Pode-se também levantar a concepção desenhada para a Bacia de Campos, com o suporte de tecnologia ADS-B (*Automatic Dependent Surveillance – Broadcast*, em português, Vigilância Aérea Dependente Automática por Radiodifusão), dado o volume de helicópteros entre as plataformas de petróleo. (MARINHO, 2018)

Porém, o ambiente urbano difere do marítimo e estudos serão requeridos para verificar a confiabilidade dos sinais em um ambiente com obstáculos naturais, construções e eletromagneticamente saturado.

Em outra proposta, uma das mais inovadoras, como a citada iniciativa chinesa da EHang, a mobilidade aérea urbana seria realizada por meio de sistemas de aeronaves não tripuladas, ou seja, aeronaves remotamente pilotadas ou totalmente autônomas.

Faz-se necessário, portanto, fazer uma análise em que medida o advento das aeronaves não tripuladas aplicadas na mobilidade aérea urbana impactará os atuais paradigmas do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro (SISCEAB).

Sobre o assunto, a ICA 100-40 AERONAVES NÃO TRIPULADAS E O ACESSO AO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO, Instrução do Comando da Aeronáutica, afirma que:

“Uma aeronave que não possua tripulação a bordo é uma aeronave e, por conseguinte, para voar no espaço aéreo sob responsabilidade do Brasil, deverá seguir as normas estabelecidas pelas autoridades competentes da aviação nacional”. (BRASIL, 2020b, p. 21)

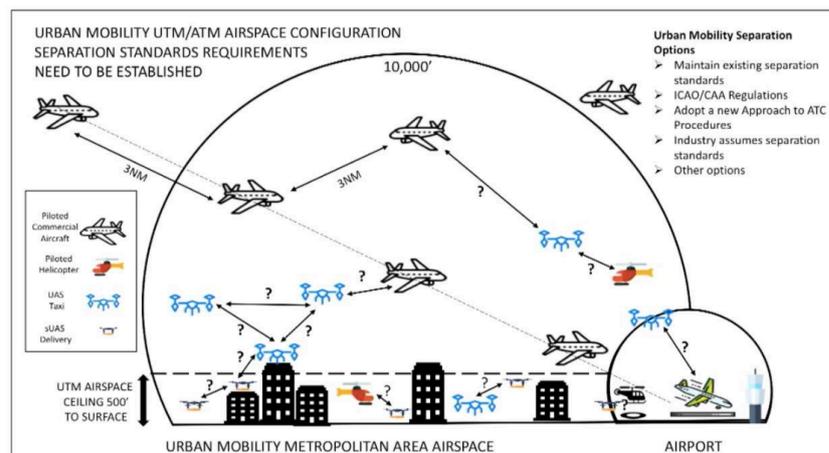
Assim sendo, os futuros veículos da Mobilidade Aérea Urbana, mesmo aqueles sem pilotos a bordo, chamados *Unmanned Aircraft Systems* (UAS) ou usualmente drones, deverão seguir as normas vigentes para a aviação brasileira.

Portanto, apesar de haver norma que permita o início da operação, faz-se premente a necessidade de revisão da regulamentação, bem como a adoção

gradativa de novos conceitos e novas tecnologias para viabilizar plenamente o novo mercado da Mobilidade Aérea Urbana.

No evento *Drone Enable 2*, promovido pela OACI e realizado na China em 2018, foi apresentado um esquema que levanta a complexidade da questão de como deveria ser a separação em um ambiente urbano, entre aeronaves e helicópteros tradicionais, eVTOL e drones (OACI, 2018b):

Figura 17 - A complexidade para estabelecer novos requisitos de separação



Fonte: John Walker, 2018.

Assim como esse, fatores variados serão determinantes para a geometria do espaço aéreo, se apresentando como grandes desafios e tendo forte influência na viabilidade no sistema da Mobilidade Aérea Urbana.

3.2 Fatores determinantes para a geometria do Espaço Aéreo

O crescimento dessa indústria vai introduzir novos tipos de aeronaves e infraestrutura de suporte, com características operacionais únicas que não estão contempladas no sistema de gerenciamento de Tráfego Aéreo atual.

Inicialmente, há uma ideia de adaptações para absorver esse novo modal, entretanto, o crescimento da densidade de tráfego, fatalmente fará o sistema se modificar, permitindo, por exemplo, a operação de várias aeronaves ao mesmo tempo, inclusive em condições meteorológicas desfavoráveis, como o voo por instrumentos.

Um dos primeiros documentos a tratar do assunto foi um *whitepaper* da UBER ELEVATE, que traz os desafios para inserção desse novo modal em grande escala no controle de espaço aéreo tradicional:

“Para lidar com esse aumento exponencial em complexidade, novos sistemas ATC serão necessários. Prevemos operações de baixa altitude sendo gerenciadas por meio de um sistema semelhante a uma solicitação de servidor que pode eliminar o conflito do tráfego global, enquanto permite que UAVs e VTOLs se separem automaticamente de quaisquer conflitos locais em potencial com regras semelhantes a VFR, mesmo em condições meteorológicas adversas”. (HOLDEN, 2016, p. 5, tradução nossa)

Em um artigo recente revisando conceitos e abordagens para projetar o espaço aéreo para a mobilidade aérea urbana, Bauranov e Raskas (2021) identificam os fatores que determinariam a geometria do espaço aéreo urbano, divididos em quatro grupos, sendo eles “fatores relacionados à segurança, fatores sociais, fatores operacionais relacionados às características do sistema e fatores operacionais relacionados às aeronaves”.

Nos fatores relacionados à segurança, destaca-se a capacidade de detectar e evitar (aeronaves e obstáculos), rajadas de vento e meteorologias adversas.

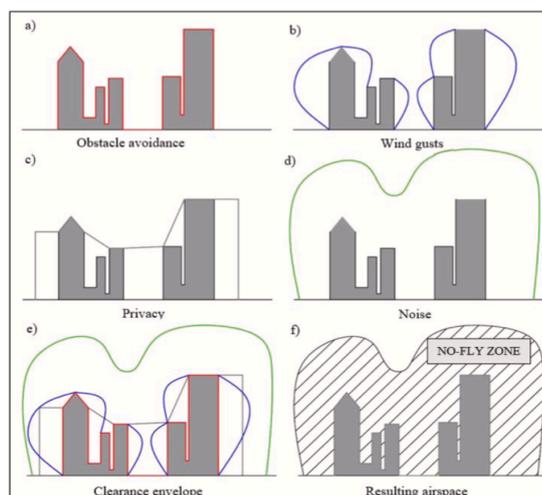
Dos fatores sociais, foram elencadas as questões de ruído, poluição visual e privacidade.

Relacionados às características das aeronaves, os fatores identificados foram os tipos de veículos, o compartilhamento com diversos tipos com performances diferentes, o nível de autonomia e a eficiência energética.

Sobre aqueles fatores operacionais referentes às características do sistema, ressaltam-se o sistema de gerenciamento de tráfego aéreo, equipamentos e sistemas de comunicação, navegação e vigilância e capacidade de espaço aéreo.

Segundo os autores, os fatores de segurança e sociais combinados geram uma proteção em ambiente urbano, como demonstrados na figura abaixo:

Figura 18 - Espaço Aéreo determinado pelos fatores de segurança e sociais



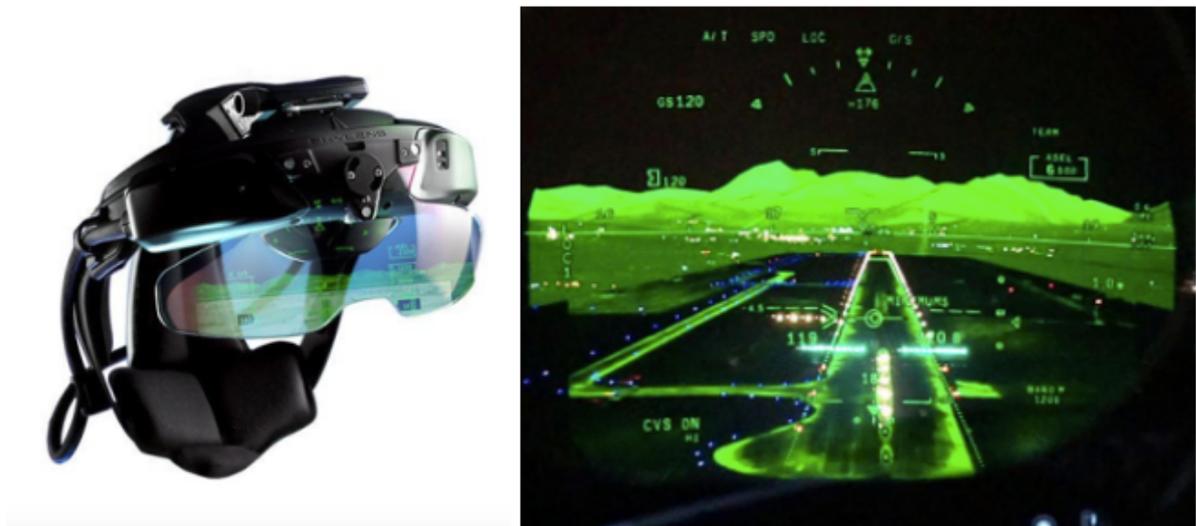
Fonte: BAURANOV;RASKAS, 2021.

Ainda sobre os fatores de segurança, os autores consideram três tipos de separação possíveis para viabilizar o UAM, que são: a separação fixa tradicional (por distâncias), a separação dinâmica (através de sistemas) e sem separação padronizada. Esta última depende do desenvolvimento de um sistema embarcado, composto de “uma mistura de hardware e software que permite ao veículo detectar obstáculos e se afastar deles”. (BAURANOV; RASKAS, 2021, p. 4, tradução nossa)

Uma das primeiras iniciativas a respeito dessa questão é o “voo visual aumentado” através do emprego de novas tecnologias, considerando ainda a aeronave tripulada.

No *Webinar Vision Systems Summit* promovido pela *Vertical Flight Society* (2021), foram apresentados novos equipamentos que integram vários sensores permitindo ao piloto, através de um display conectado ao capacete, combinar óculos de visão noturna, infra-vermelho, câmeras e imagens sintéticas do terreno, aeroportos, helipontos, etc. Essa fusão de imagens é chamada *Combined Vision System (CVS)* e é mostrada ao piloto através do *Head-Worn Display (HWD)*, como mostra a figura a seguir:

Figura 19 - Head-Worn Display (HWD) e a fusão de imagens



Fonte: Vertical Flight Society: Webinar Vision Systems (2021)

Esse sistema ainda carece de certificação para o seu emprego em larga escala, mas é, sem dúvida, uma das soluções que irá aprimorar a eficiência e a segurança na Mobilidade Aérea Urbana, pois provê informações em tempo real, aumentando a consciência situacional do piloto, tanto em condições visuais, como por instrumentos.

Também relacionado com o foco do trabalho, a alta escalabilidade do controle de tráfego aéreo será uma das restrições críticas para o desenvolvimento do UAM, sendo os principais desafios a integração no gerenciamento do espaço aéreo, a gestão de contingências, a capacidade, o gerenciamento de fluxo e a programação da escala de voos.

De acordo com estudos da NASA (2018), esse desenvolvimento deverá ser dado em níveis, chamados níveis de maturidade (*UAM Maturity Level - UML*), conforme descritos na tabela abaixo:

Quadro 1 - Níveis de Maturidade para o UAM

Estado	UML	Descrição
Inicial	1	Primeiras operações de exploração e demonstração em ambientes restritos
	2	Operações comerciais em áreas de baixa densidade e baixa complexidade com automação assistida
Intermediário	3	Operações em áreas de baixa densidade e média complexidade com automação de garantia de segurança
	4	Operações com média complexidade com sistemas colaborativos de automação
Maduro	5	Operações em áreas de alta densidade e alta complexidade com redes automatizadas e altamente integradas
	6	Operações UAM onipresentes com otimização automatizada de todo o sistema.

Fonte: NASA, 2018.

Sobre os sistemas que suportam o gerenciamento de tráfego aéreo, quais sejam comunicações, navegação e vigilância, são esperadas melhorias tecnológicas. Além daquelas utilizadas atualmente, como enlaces satelitais, há a perspectiva de emprego de novas tecnologias de maior capacidade de transmissão de dados, como serviços celulares 5G.

No entanto, a disponibilidade, a latência, o uso de energia e questões relacionadas à segurança podem ser grandes desafios. Em função das interferências da ionosfera, a disponibilidade e a precisão do GPS também podem ser um problema. No ambiente urbano, os edifícios podem bloquear os sinais para os receptores de GPS, o que pode causar erros na navegação.

Uma precisão posicional mais alta pode ser alcançada usando um sistema de navegação baseado em imagem, navegação cooperativa ou baseados em infraestrutura terrestre adicional, como uma combinação de GPS e redes celulares.

Em função de sua arquitetura e tecnologia, os radares tradicionais se mostram inadequados para a vigilância de operações UAM à baixa altitude. Como já citado, alguns operadores propõem o uso de vigilância dependente automática por radiodifusão (ADS-B).

Segundo a Concepção Operacional ATM Nacional (2021), O ADS-B proporciona serviços de vigilância com qualidade igual ou superior aos sistemas baseados em radar, “com taxas de atualização que podem chegar a duas vezes por segundo para informações de posição”. Ainda segundo o documento, o ADS-B tem potencial para:

“apoiar aplicações baseadas em vigilância ar-ar (ADS- B IN), que visam fornecer informações de tráfego na cabine de pilotagem, identificando a posição de todas as aeronaves equipadas com ADS-B no seu entorno, ampliando a consciência situacional do piloto. Essas informações serão empregadas, no futuro, para que o piloto seja capaz de prover sua própria separação, em casos específicos”. (BRASIL, 2021)

Entretanto, além de ser um sistema cooperativo, ou seja, depende da colaboração do usuário, em ambientes de alta densidade, como as cidades, a banda de frequência utilizada pelo ADS-B poderá estar supersaturada.

Portanto, para uma maior liberdade para uma alta quantidade de voos, serão demandadas tecnologias ainda mais sofisticadas nos sistemas de comunicações, navegação e vigilância, abordando explicitamente as deficiências atuais.

Com relação à capacidade, não há dúvidas sobre o grande desafio para as autoridades reguladoras para acomodar todos os tipos de aeronaves, independente de tamanho ou performance, em um determinado espaço. Assim como na aviação tradicional, as projeções de capacidade envolvendo o UAM definirão o layout das geometrias das rotas, dos tipos de separação e do controle do espaço aéreo.

Por isso, algumas iniciativas por parte dos prestadores de serviço de tráfego aéreo é começar os estudos, demonstrando como pode ser abordada a evolução para o gerenciamento do Tráfego Aéreo desde os primeiros passos, escalando até a implementação de um sistema próprio, normalmente denominado *Urban Air Traffic Management* (UATM).

É o que se observa em alguns documentos de alguns reguladores, como a americana *Federal Administration Aviation (FAA)*, a australiana *Airservices Australia*, a *European Union Aviation Safety Agency (EASA)*, a inglesa *UK Civil Aviation Authority (CAA)*, e a alemã *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)*, bem como por parte das próprias empresas, como a *EMBRAER X* (e a *EVE Urban Air Mobility*), a *Volocopter* e a *Varon Vehicles Corp*, além de também organismos e centros de estudo reconhecidos, como a *NASA*, *MIT*, *The MITRE Corporation* e a *Roland Berger Research*.

Todas essas entidades citadas têm começado seus estudos através de muita colaboração entre parceiros para o desenvolvimento de uma *Concepção Operacional*. Mas não há um consenso entre elas, pois algumas defendem a criação de corredores pré-definidos e padrões de operação, enquanto outras acreditam em uma solução mais flexível. E como este tem sido considerado o primeiro passo, a apresentação de algumas das existentes será o foco a seguir.

3.3 Concepções Operacionais

O objetivo deste capítulo é revisar um extrato de algumas das principais iniciativas do setor para o desenvolvimento de uma *Concepção Operacional* com o intuito inserir o UAM na realidade da sociedade como um novo modal de transporte, integrando-o com os demais de forma segura e eficiente.

Segundo a EASA (2021), “a integração do espaço aéreo deverá ser clarificada de modo a prover uma estrutura de operação de aeronaves convencionais e da UAM em um mesmo espaço, como por exemplo nos arredores dos aeroportos”.

3.3.1 NASA

A *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* vem desde 2014 trabalhando no conceito UTM - *UAS Traffic Management* a fim de permitir que pequenos drones não tripulados acessem o espaço aéreo à baixa altitude (normalmente abaixo de 400 ft), porém além da linha de visão visual (BVLOS), tentando impactar minimamente no sistema de existente.

Em 2016, a NASA publicou a sua primeira versão de uma *Concepção Operacional* para o UTM estadunidense. Embora tenha sido concebido para uma

região de baixa altitude e não controlada (espaço aéreo Classe G), a NASA planeja integrar as suas operações em outras classes do espaço aéreo. Na sua concepção, dentro de espaço aéreo controlado, as operações de UAS seriam segregadas pela criação de túneis de transição, ou blocos de espaço aéreo reservados. Futuramente, “quando essas operações estiverem totalmente integradas aos fluxos de tráfego aéreo controlado, espera-se que eles se comportem exatamente como a aviação tradicional e atendam a todos os requisitos estabelecidos atualmente”. (KOPARDEKAR et al, 2016)

Em seu estágio mais avançado, o UTM fornecerá autenticação, delimitação geográfica, gerenciamento de capacidade, corredores do espaço aéreo, integração climática, gerenciamento de trajetória, gerenciamento de contingência e ajustes dinâmicos do sistema. No caso dos Estados Unidos, “a FAA manterá a ligação entre o UTM e o NAS (*National Airspace System*) e criará restrições de espaço aéreo em tempo real para os operadores de drones”. (KOPARDEKAR et al, 2016)

As tecnologias existentes utilizadas atualmente para as fases iniciais do UTM para vigilância e navegação são ADS-B e GPS. Embora os testes iniciais tenham mostrado que essas tecnologias poderiam ser usadas para UTM, experimentos da NASA mostram que o ADS-B pode ser usado para vigilância apenas em um escopo limitado, em potência muito baixa, tráfego baixo e distâncias curtas. “Em densidades de tráfego mais altas, o uso de ADS-B afetará adversamente a vigilância da aviação tripulada”. (NAG; JUNG; INAMDAR, 2017)

Apesar dessas limitações, de acordo com a FAA (2020) “o objetivo inicial da implementação do UTM é minimizar o tempo de desenvolvimento, utilizando tecnologias existentes”.

E a reboque, através do conceito do UTM para drones, que a NASA iniciou os estudos para também acomodar a Mobilidade Aérea Urbana.

Para lidar com as barreiras de integração do espaço aéreo do UAM, a NASA “tem investigado diferentes procedimentos para congestionamento, interrupção e gerenciamento de separação. Além disso, tem realizado trabalhos de pesquisa sobre interoperabilidade e implementação de um escalonamento contínuo em toda a rede”. (NIKLAß, 2020)

Para tal, um estudo de mercado da Mobilidade Aérea Urbana realizado pela NASA em 2018, separou em três áreas chaves para equacionar os desafios a serem

elencados para a integração no espaço aéreo, com um sistema que combine aviação tripulada e não tripulada: tecnologia, infraestrutura e requisitos regulatórios.

Segundo o estudo, a perspectiva do UAM é que, inicialmente, sejam adotados procedimentos similares aos existentes, evoluindo gradualmente a regulação, como assim afirmado:

“Hoje, as operações de táxi aéreo tendem a serem mais parecidas com as regras que regem as operações de helicópteros. Adicionar eletrificação e autonomia exigirá um grau significativo de maturação nas regulamentações existentes e/ou a introdução de novas regulamentações. Sistemas integrados e automatizados de gerenciamento de tráfego UAM e protocolos associados estão em um estado nascente e os caminhos para a certificação do veículo ainda precisa ser mapeada.” (NASA, 2018)

Ainda de acordo com o estudo, num futuro, serão necessários requisitos técnicos, protocolos operacionais, infraestrutura e tecnologias de suporte para que o *UAM Traffic Management* (UATM) seja um sistema de gerenciamento de tráfego eficaz para operações autônomas dos veículos.

“Os eVTOL precisarão de um sistema integrado e automatizado para o gerenciamento do UAM no espaço aéreo, com uma variedade de tráfego cooperativo, não cooperativo e autônomo, além de ser capaz de desconflitar com segurança”, cita o estudo da NASA.

Por fim, vislumbrando um sistema em maiores proporções e comercialmente viável, o estudo afirma ainda que “regras e sistemas adicionais para controlar como os eVTOL autônomos serão integrados ao espaço aéreo serão necessários antes que as operações escalonáveis possam ser habilitadas.” (NASA, 2018)

Porém, para tal, o trabalho aponta para diversos desafios, como citados a seguir:

- Padrões de segurança cibernética para os veículos autônomos e os sistemas UATM;
- Requisitos para os vertiportos e padronização de operação;
- Acompanhamento e identificação pelo controle de tráfego aéreo, garantindo as distâncias de separação e responsabilidades na navegação;
- Regras específicas para voos autônomos;
- Desenvolvimento de tecnologias avançadas embarcadas, como sistemas de detectar e evitar, GPS negado, mitigação de mau tempo, etc.
- Requisitos regulatórios para padrões de aeronavegabilidade, certificação para os sistemas de gerenciamento do tráfego aéreo, voo sobre pessoas, restrições

de peso e altitude, regras de voo além da visada visual (BVLOS), certificação do operador e explorador, restrições ambientais como ruído e visual, procedimentos de emergência, segurança de dados, etc.

Figura 20 - Visão de futuro da Mobilidade Aérea Urbana



Fonte: NASA, 2018.

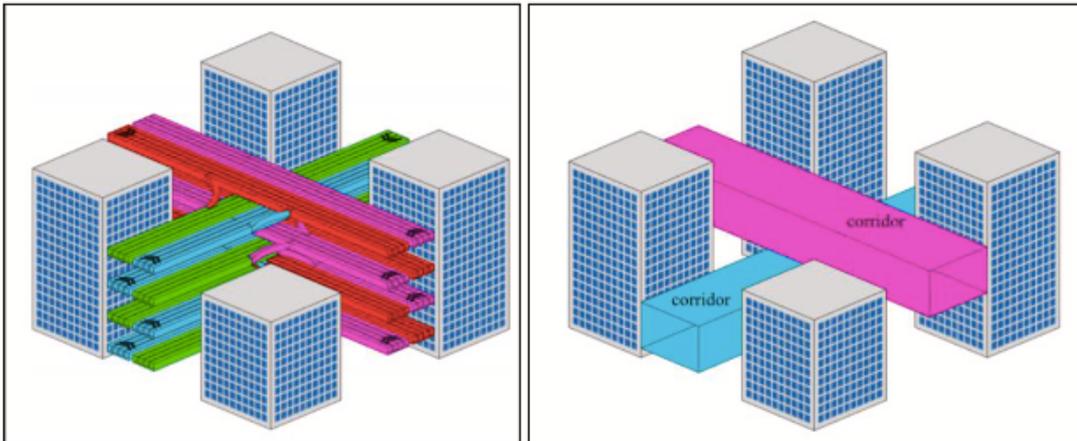
Em outro conceito proposto pela NASA, o controle de fluxo de tráfego do espaço aéreo urbano é dividido em múltiplas camadas. Cada camada contém uma estrutura de espaço aéreo localizada acima de ruas, criando redes de vários níveis entre edifícios altos, localizados em áreas densas.

Nesse cenário, Jang *et al* (2017) conduziram um estudo da NASA que considera três tipos de estruturas do espaço aéreo em ambiente urbano para sistemas não tripulados: *sky-lane*, *sky-tube* e *sky-corridor*.

Na proposição, cada estrutura fornece um grau diferente de liberdade. *Sky-lanes* são parecidas com rodovias tradicionais, mas são mais restritivas em termos de altitude, proa, velocidade e posição. Enquanto isso, o *sky-corridor* permite mais liberdade e flexibilidade, exigindo, porém, regras mais claras de separação assegurada e de anti-colisão.

Já o *sky-tube* tem uma visão intermediária entre as duas estruturas, exigindo, entretanto, um controle de fluxo de tráfego aéreo. Esse controle de fluxo de tráfego gerenciaria a densidade e a taxa de transferência, supervisionaria os fluxos direcionais de tráfego, forneceria informações, identificaria voos não autorizados e enviaria avisos de segurança.

Figura 21 - *Sky-lanes* (direita) e *Sky-corridors* (esquerda)



Fonte: JANG *et al*, 2017.

No estudo, Jang *et al* (2017), afirmam que “com mais estrutura, é mais fácil segregar aeronaves com base em suas capacidades, o que aumenta a segurança e reduz o número de conflitos potenciais, fornecendo robustez para falhas do sistema e escalabilidade”.

Concluindo, o mesmo estudo testou diferentes estruturas e os resultados mostram que mais estrutura, empregando *sky-lanes*, pode fornecer um ambiente mais seguro e simples. No entanto, a maior complexidade pode reduzir a capacidade e gerar atrasos.

3.3.2 FAA

A *Federal Aviation Administration* (FAA) prevê que o aumento da demanda por modos alternativos de transporte aéreo será possibilitado pelo progresso na tecnologia de aeronaves elétricas com capacidade de decolagem e aterrissagem verticais. Novos veículos poderão ser incorporados ao espaço aéreo por meio da criação de novas estruturas de espaço aéreo.

O estado futuro previsto para as operações do UAM inclui níveis crescentes de autonomia e ritmo operacional em uma variedade de ambientes, incluindo as principais áreas metropolitanas e os subúrbios. (FAA, 2020)

Novas regras operacionais e infraestrutura “facilitariam o gerenciamento de tráfego altamente automatizado, permitindo que veículos autônomos e pilotados remotamente operem com segurança em ritmos operacionais aumentados”. (FAA, 2020)

A Mobilidade Aérea Urbana (UAM) permitirá serviços de transporte aéreo altamente automatizado, cooperativo, de passageiros ou de carga dentro e ao redor das áreas urbanas. (FAA, 2020)

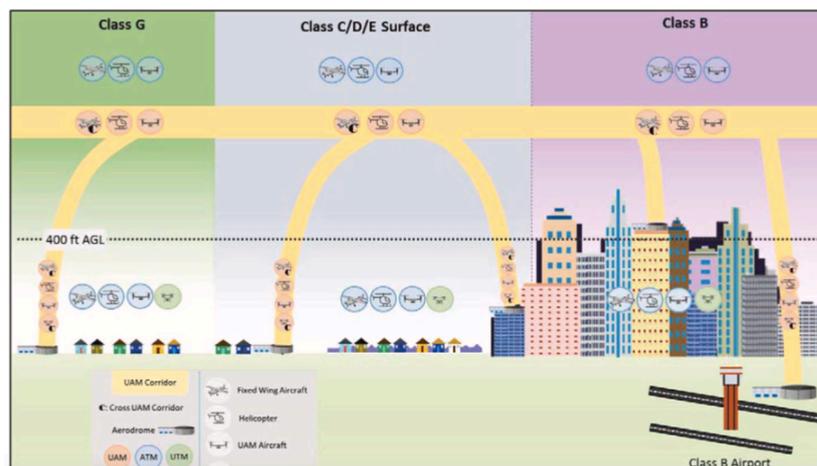
De acordo com a proposta da FAA (2020), “as operações do UAM serão conduzidas em corredores UAM, sem serviços de separação ATC”. Os corredores funcionarão como o mecanismo de separação entre o UAM e outras operações.

Dentro dos corredores, a separação será mantida pelos próprios operadores do UAM, que nas fases iniciais de operação, contemplarão um piloto a bordo.

Portanto, para esta Concepção Operacional, consistente com as expectativas do setor, as operações do UAM incluirão inicialmente um Piloto em Comando (PIC) a bordo da aeronave do UAM. (FAA, 2020)

Cada corredor terá requisitos de desempenho (como capacidade de manobra ou capacidade de detectar e evitar) para garantir operações mais eficientes. Corredores diferentes poderão ter requisitos diferentes. Inicialmente, os corredores irão conectar dois aeródromos UAM para apoiar as operações ponto a ponto. Nos estágios posteriores, a FAA espera o desenvolvimento de redes mais complexas e eficientes.

Figura 22 - Abordagem da FAA para a relação entre UAM, UTM e ATM



Fonte: FAA, 2020.

A Concepção da FAA prevê que os critérios de projeto dos corredores devem incluir:

- 1) Impacto mínimo nas operações existentes;
- 2) Considerações de interesse público, como ruído, proteção e segurança; e
- 3) Necessidades do cliente.

Segundo o documento, dentro do corredor, uma estrutura adicional chamada “trilha” poderá existir, permitindo a separação adicional de aeronaves com diferentes capacidades tecnológicas.

Na medida em que número de operações UAM aumentar, as capacidades da infraestrutura ATM e dos recursos da força de trabalho do Controle de Tráfego Aéreo (ATC) serão desafiadas. “Serão necessárias soluções que vão além do paradigma atual para operações de aeronaves tripuladas e que promovam consciência situacional compartilhada, com colaboração entre os operadores”. (FAA, 2020)

Os serviços centralizados de gerenciamento de tráfego aéreo fornecerão dados meteorológicos, terrenos e de obstáculos. Os operadores de UAM também serão responsáveis por monitorar constantemente o clima e os ventos antes e durante o voo. Se o desempenho da aeronave for inadequado para manter a segurança no tempo previsto, o voo deve ser adiado.

A implementação do UAM nos terá uma abordagem evolucionária, “começando com operações de baixa complexidade e baixo ritmo, aprimorando em direção a um ambiente de ritmo operacional mais alto, com a introdução de uma estrutura do espaço aéreo UAM, capaz de mitigar um alto nível de complexidade”. (FAA, 2020)

Segundo a Concepção Operacional da FAA (2020), a evolução do ambiente operacional do UAM se dará em três fases, como tabela que segue:

Quadro 2 - Evolução do ambiente operacional.

Fase	Descrição	Estrutura	Piloto em Comando
Operações iniciais do UAM	As operações iniciais do UAM são conduzidas por aeronaves certificadas da UAM e helicópteros convencionais de acordo com as regras e regulamentos atuais.	A estrutura UAM (espaço aéreo e procedimental): Implementação da infraestrutura existente de helicópteros (por exemplo, rotas, helipontos, regras e regulamentos, serviços ATC). Não existem estruturas ou procedimentos exclusivos do UAM.	a bordo
Operações do CONOPS 1.0	Com o aumento da demanda, as operações do UAM precisarão evoluir por meio de mudanças nas regulamentações governamentais, pela estrutura do UAM e pela automação.	A estrutura do UAM (espaço aéreo e procedimental): As operações de aeronaves UAM ocorrem dentro de corredores UAM definidos de aeródromos específicos com base nos requisitos de desempenho UAM. Há uma estrutura ou interseções mínimas do corredor UAM. Os serviços de separação tática ATC não são fornecidos para operações	a bordo.

		dentro dos corredores UAM. A separação tática é alocada aos operadores UAM, pilotos em Comando e o Provedor de Serviços para o UAM (PSU).	
Operação em estado de maturidade	À medida que o ritmo operacional do UAM aumentar, as operações do UAM evoluem ao longo das linhas dos indicadores-chave: estrutura, regulamentos e nível de automação.	A estrutura do UAM (espaço aéreo e procedimental): As operações UAM continuam a ocorrer nos corredores UAM dos aeródromos. Os corredores UAM podem formar uma rede para otimizar caminhos entre um número crescente de aeródromos; a estrutura interna dos corredores UAM pode aumentar em complexidade e os parâmetros de desempenho necessários para a participação podem aumentar.	Remoto

Fonte: FAA, 2020.

Ao abordar inicialmente operações de menor complexidade, “os requisitos e serviços tecnológicos podem ser menos rigorosos e a implementação pode ser simplificada, usando os recursos atuais para atender aos desempenhos, não exigindo uma nova infraestrutura operacional e regulatória”. (FAA, 2020)

À medida que forem evoluindo, “as operações do UAM se adaptarão às novas tecnologias e automação, tanto baseadas no solo quanto no ar, permitindo cada vez mais formas avançadas de interação com o ambiente gerenciamento de tráfego aéreo por meio de sistemas colaborativos, capazes de troca automatizada de informações”. (FAA, 2020)

Segundo a FAA (2020), o objetivo principal do Controle de Tráfego Aéreo (ATC) é evitar colisões envolvendo aeronaves operando dentro do espaço aéreo nacional norte-americano (NAS). No entanto, para operações UAM, a separação tática dentro dos corredores UAM é alocada à comunidade UAM, sem necessariamente serviços ATC táticos fornecidos pela FAA. O ATC poderá fornecer avisos sobre as operações do UAM para outras aeronaves, dependendo da carga de trabalho. Como tal, o ATC deve ter acesso sob demanda aos dados operacionais do UAM para garantir a segurança das aeronaves que recebem os serviços do ATC.

Nesse caso, “o ATC poderá solicitar informações conforme necessidade dos envolvidos e poderá receber notificações automatizadas de acordo com os requisitos aplicáveis”. (FAA, 2020)

Desse modo, as responsabilidades do ATC que permitirem as operações do UAM serão:

1. Definir a disponibilidade do corredor UAM (por exemplo, aberto ou fechado) com base na estrutura operacional;
2. Fornecer orientações sobre as operações do UAM para outras aeronaves, de acordo com a carga de trabalho; e
3. Responder às operações fora do UAM, conforme necessário.

Segundo ainda a FAA (2020) as seguintes suposições se aplicam às operações do UAM:

- A identificação da aeronave UAM e as informações de localização estarem disponíveis para o operador do UAM e para a rede PSU. Isso não seria fornecido por ADS-B Out ou transponder para operações nos corredores UAM. No entanto, outra funcionalidade (por exemplo, ID remoto aplicável UAM) poderia suportar esta identificação e a informação de localização.

- A comunicação de voz bidirecional com o ATC não será conduzida dentro dos corredores UAM durante as operações nominais.

- O operador UAM não receberá autorizações ATC, nem autorizações ATC para operações em corredores UAM.

- O envolvimento operacional do ATC será limitado a definir a disponibilidade do corredor UAM com base na estrutura operacional do ATC, recebendo o status do corredor UAM para saber quais corredores UAM têm operações ativas e respondendo a eventos não nominais do UAM, conforme necessário.

Para atender a essas suposições, foi criado o projeto Gerenciamento de Tráfego Aéreo - eXploration (ATM-X) que, segundo Gipson (2018), “pretende transformar o sistema para acomodar com segurança a crescente demanda de novos veículos aéreos para entrar no espaço aéreo para realizar uma variedade de missões”. O ATM-X também trabalhará com tecnologias que permitirão que as grandes aeronaves comerciais tradicionais voem em rotas preferenciais com maior previsibilidade, resultando em economia de combustível e tempo.

O ATM-X está na Fase 1 de seus objetivos de pesquisa - explorando casos desafiadores (como, alta densidade e operações vertiportos para mobilidade aérea urbana) para identificar parâmetros de melhor desempenho e priorizar os principais desafios técnicos que devem ser resolvidos a fim de atingir esses parâmetros.

Na Fase 2, o ATM-X explorará soluções para esses desafios técnicos, desenvolvendo, testando e, em seguida, transferindo os principais conceitos e

tecnologias para as partes interessadas da comunidade aeronáutica. A Fase 2 também verá demonstrações de:

- Uma abordagem de arquitetura aberta;
- Integração de tecnologias de tráfego aéreo;
- Uso de dados em todo o sistema;
- Avanços na formação de equipes homem-máquina; e
- Tomada de decisão cada vez mais autônoma.

O objetivo é “mostrar que essas tecnologias, juntas, fornecem consciência situacional abrangente em um espaço aéreo mais congestionado e melhoram a tomada de decisão coordenada e o gerenciamento de interrupções por meio do uso de alertas”. (GIPSON, 2018)

3.3.3 Airservices Australia

A Airservices Australia, em parceria com a EMBRAER X, através da *Eve Urban Air Mobility*, lançou a primeira versão de sua Concepção Operacional em 2020, prevendo que o UATM vai integrar as Operações UAM no espaço aéreo inferior, “assegurando a maximização de indicadores chave de performance que incluem segurança, eficiência, capacidade, acesso, equidade, flexibilidade e previsão”. (AIRSERVICES AUSTRALIA, 2020, p.3, tradução nossa). Do contrário, o crescimento do UAM será muito restringido, limitando os seus benefícios, tanto para a indústria como para os usuários da sociedade.

Esta iniciativa está intrinsecamente ligada ao desenvolvimento das cidades, aprimorando o transporte de passageiros e cargas, dentre outras possibilidades, alavancando um novo setor econômico e abrindo um leque para geração de novos empregos. Como cita a precursora dessa CONOPS, a concepção Flight Plan 2030 da EMBRAER X (2019a, p. 10, tradução nossa):

“As comunidades se beneficiarão de novas oportunidades econômicas à medida que empresas e clientes se conectam de maneira mais integrada em grandes áreas metropolitanas. As cidades serão capazes de reforçar os sistemas de trânsito multimodal e criar maior flexibilidade nas redes de transporte. Os provedores de serviços de saúde poderão acessar as comunidades regionais mais rapidamente. Isso, por sua vez, maximizará seu tempo com os pacientes, que poderão ter acesso aos cuidados mais rapidamente”.

De acordo com essa proposta (2020), “inicialmente os novos tipos de operação na UAM serão limitados a operar sob regras de voo visual (VFR). Entretanto, é esperado que os eVTOL, em algum momento, necessitarão operar em condições meteorológicas por instrumentos (IMC)”.

Inicialmente, as autoridades australianas acreditam que os eVTOL terão piloto a bordo para a sua integração no sistema de gerenciamento de tráfego aéreo, bem como para interagir com outros usuários do espaço aéreo, de modo a serem acomodados mais facilmente.

Entretanto, é importante destacar a escalabilidade do sistema, haja vista que, se comparados com os voos de helicópteros atuais, os eVTOL operarão no futuro em maior frequência e em uma grande densidade, em conjunto com uma diversidade de tipos de aeronaves, com diferentes tecnologias, o que demandará uma evolução dos sistemas de gerenciamento de tráfego aéreo para superar esses desafios.

Segundo o estudo (2020), o UATM é “uma coleção de sistemas e serviços (incluindo organizações, estruturas de espaço aéreo, procedimentos, ambiente e tecnologias) que suportam a integração da operação UAM no espaço aéreo mais baixo”.

A CONOPS (2020) prevê três horizontes para o UATM, como segue:

- Horizonte 1: Operações UAM iniciais de baixa densidade, eVTOL com piloto a bordo, usando procedimentos e tecnologias ATM convencionais. Espera-se a introdução das operações UAM dentro de paradigmas ATM atuais;

- Horizonte 2: Operações UAM de média densidade, onde os procedimentos e tecnologias ATM são insuficientes para suportar a demanda de voos. Introdução dos serviços UATM para suportar as operações UAM; e

- Horizonte 3: Operações UAM de alta densidade, com eVTOL pilotados e autônomos, suportados por serviços UATM.

Para um cenário de conceitos do UATM, a CONOPS dividiu sua análise em dois serviços fundamentais e quatro serviços operacionais.

Os fundamentais são:

- Design de espaço aéreo e de procedimentos: para criação das estruturas de espaço aéreo e procedimentos para suportar as operações UAM; e

- Troca de informações: para assegurar o compartilhamento da consciência situacional para todos os *players* pela troca de dados em tempo real.

Os operacionais são:

- Plano de voo e autorização: para desenvolver e manter um plano, emitindo uma autorização;
- Gerenciamento de fluxo: para assegurar que a demanda para operações UAM seja a atendida ao máximo possível;
- Gerenciamento dinâmico do Espaço Aéreo: para maximizar a performance em espaço aéreo mais baixo; e
- Monitoramento de conformidade: para identificar veículos não conformes que possam impactar nas operações em espaço aéreo mais baixo, para garantir pontos de controle de tempo e para mitigar respostas para eVTOL.

Figura 23 - Monitoramento de Conformidade



Fonte: AIRSERVICES AUSTRALIA, 2020.

Na CONOPS, cada serviço é discriminado em termos de performance na evolução de cada fase (Horizonte), de acordo com indicadores chave previstos pela ICAO, a saber, segurança, capacidade, eficiência de voo, flexibilidade, previsibilidade, acesso e equidade, ambiental, participação e colaboração e interoperabilidade global.

Recentemente, a *Eve Urban Air Mobility* e a *Microlite*, uma das principais operadoras de helicópteros da Austrália, anunciaram uma parceria que estabelecerá as bases para as operações de mobilidade aérea urbana na Austrália, com início previsto para 2026.

A empresas planejam iniciar sua parceria usando helicópteros, como uma prova de conceito para validar parâmetros que se aplicarão a futuras operações dos eVTOL, no caso da *Eve*, também conhecido no mercado como *EVA (Electrical Vertical Aircraft)*. “Essa parceria também visa desenvolver novos serviços e procedimentos

que criarão um ambiente operacional seguro e escalonável para as operações, junto com as comunidades e outras partes interessadas da indústria”. (EVE, 2021)

3.3.4 UK CAA

Para desenvolver a sua Concepção Operacional, a Autoridade de Aviação Civil do Reino Unido (CAA) adotou a estratégia de começar através de um *Sandbox* Regulatório, que visa permitir a entrada de novas empresas no mercado, para atuarem em um ambiente regulatório controlado, porém mais flexível e experimental, com o fim de trazer a inovação através da participação de diferentes atores.

Dentro dessa iniciativa, tal qual o provedor australiano, a autoridade britânica criou um consórcio, aliando-se as empresas como a EVE *Urban Air Mobility*, a Vertical e a Volocopter, além da brasileira desenvolvedora de sistemas Atech, para elaborar uma Concepção Operacional da estrutura para o espaço aéreo (procedimentos e infraestrutura) para a integração do UAM.

Em entrevista a um *podcast* promovido pela própria CAA (2021), o Sr. David Rottblatt, Vice-presidente de Desenvolvimento de Negócios da Eve Urban Air Mobility, afirmou que “o projeto está focado no desenvolvimento de uma concepção operacional que definirá os procedimentos no espaço aéreo e a infraestrutura para integrar com segurança esses sistemas elétricos de decolagem e pouso vertical em alturas mais baixas”.

Com membros do Reino Unido, Alemanha e Brasil, a visão do consórcio é construir um ecossistema para a Mobilidade Aérea Urbana integrada e escalável, considerando as seguintes áreas:

- Criação e provas de conceitos de espaço aéreo;
- Projetos de eVTOL;
- Gerenciamento do tráfego aéreo e a estrutura do espaço aéreo;
- Planejamento dos aeroportos e instalações de passageiros;
- Desenvolvimento dos vertiportos; e
- Integração de sistemas de software de gerenciamento de tráfego aéreo.

Ainda em caráter exploratório, no mesmo *podcast*, o Sr. Brenden Hedblom, gerente do programa UATM da Eve *Urban Air Mobility*, comentou sobre os desafios para a integração do UAM no espaço aéreo:

“Recentemente, concluímos o primeiro grande marco do projeto, que é a definição dos desafios e lacunas regulatórias e a estreita colaboração com o CAA. Os desafios regulatórios em que nos concentramos estão, na verdade, relacionados à integração no espaço aéreo. Portanto, são os desafios em torno do escalonamento das operações do UAM, para garantir um acesso justo e equitativo ao espaço aéreo, abordando as complexidades do gerenciamento de uma rede em expansão, na perspectiva do desempenho humano, bem como identificar os relacionados às operações em alturas mais baixas. São, portanto, aqueles que se relacionam com a liberação de obstáculos, a necessidade de novas abordagens para operar em condições meteorológicas visuais ou por instrumentos, os aspectos das licenças para voar mais veículos no espaço aéreo mais baixo e, também, os desafios associados às capacidades únicas de desempenho dos veículos de decolagem e aterrissagem vertical”. (CAA *On Air*, 2021, tradução nossa)

Em um cenário inicial, também são esperados procedimentos similares aos dos helicópteros, utilizando corredores visuais e rotas transitórias. Porém, como são elétricos, os eVTOL vão requerer diferentes necessidades em relação aos helicópteros convencionais, como rotas mais diretas, dada a baixa autonomia. Essas considerações precisam ser levadas em conta quando se projetam novos procedimentos para integrá-los de forma segura na estrutura de espaço aéreo existente.

Sobre esses desafios, o Sr. David Rottblatt comentou que os eVTOL “realmente precisam voar o mais direto possível para economizar energia. E por isso cabe-nos pensar em procedimentos e mecanismos específicos que possam permitir esse tipo de operação”. (CAA *On Air*, 2021, tradução nossa)

Figura 24 – EVA, o eVTOL da EVE sobrevoando Londres.



Fonte: CAA, 2021.

Após avaliar os principais desafios regulatórios, recentemente, o consórcio britânico avançou em mais um passo. Uma etapa importante neste trabalho envolveu testar simultaneamente a Concepção Operacional por meio de simulações.

“Os primeiros resultados foram promissores e sugerem que é de fato viável apoiar as operações do UAM enquanto se integra aos usuários do espaço aéreo existentes além do que pode ser acomodado atualmente”, afirma o CAA (2021) por meio de seu site específico para divulgar a evolução dos trabalhos do consórcio.

Na próxima fase do processo de desenvolvimento do CONOPS, prevê “identificar os futuros procedimentos de gerenciamento de tráfego aéreo (ATM) e requisitos de infraestrutura terrestre que serão necessários para dar suporte a voos com maior tempo e densidade”, finaliza a matéria do site. (UK AIR MOBILITY CONSORTIUM, 2021, tradução nossa)

3.3.5 DLR

O DLR (*Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt*), Centro Aeroespacial Alemão, expressou sua concepção para o UAM através de uma abordagem colaborativa para modelagem integrada de sistemas para o transporte aéreo urbano.

Segundo essa abordagem o Centro Aeroespacial Alemão espera enfrentar grandes desafios relacionados à segurança e proteção, novas arquiteturas de tráfego aéreo para voos à baixas alturas, além da aceitação pela sociedade, avaliando vantagens (tempo nos deslocamentos) e desvantagens (ruído e privacidade).

Lidando com esses desafios, o DLR afirma que “a colaboração e a cooperação entre fabricantes, prestadores de serviços de navegação aérea, legisladores e atores da sociedade serão obrigatórias desde o início”. (NIKLAß *et al*, 2020)

Segundo NIKLAß *et al* (2020), “o desafio particular na gestão do tráfego aéreo urbano é gerenciar com segurança um grande número de veículos em uma área congestionada e povoada”.

Para evitar colisões no ar, os veículos aéreos urbanos devem estar sempre separados, como as aeronaves convencionais. No entanto, devido a diferenças substanciais no desempenho e automação do veículo, “os conceitos ATM existentes devem ser adaptados para UAM ou totalmente reprogramados”. (NIKLAß, 2020)

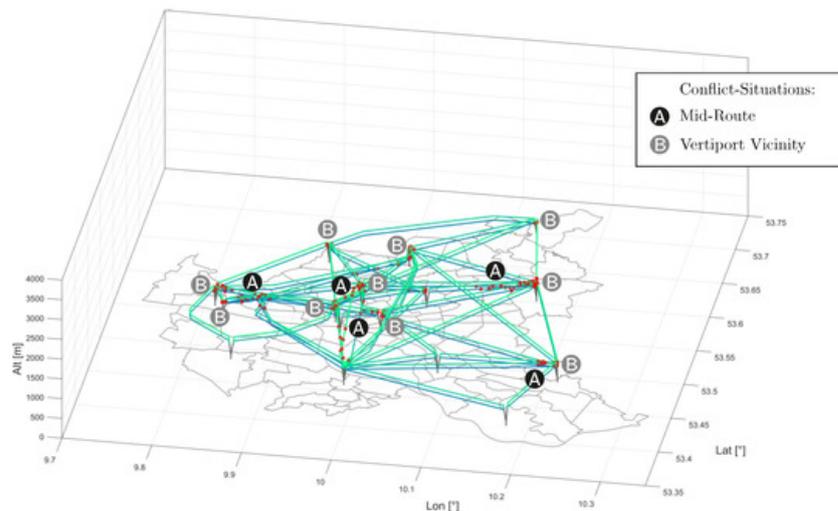
No estudo, percebe-se que todos os conceitos requerem mínimos de separação para a solução de conflitos. Segundo a abordagem, estes deveriam ser:

“Os menores suficientes para permitir o tráfego denso em áreas urbanas e os maiores suficientes para permitir a prevenção de colisões, em caso de perda de separação. Uma perda prevista de separação entre dois veículos é

considerada um conflito que pode ser evitado, estrategicamente pelo planejamento do espaço aéreo ou, resolvido taticamente, modificando a programação do voo e da rota. As opções táticas, no entanto, podem causar atrasos”. (NIKLAß *et al*, 2020)

Para detecção eficiente de conflitos, o Centro trabalha com “o espaço aéreo urbano dividido em grade, sendo que apenas os pontos vizinhos de trajetória são analisados”, conforme visto no planejamento a seguir:

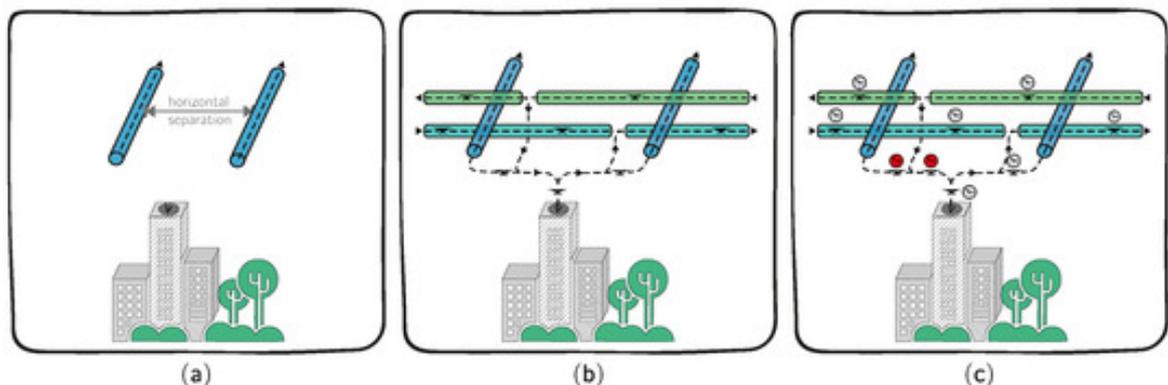
Figura 25 – Rotas planejadas sobre distritos de Hamburgo



Fonte: NIKLAß, 2020

Na figura a seguir, verificam-se as possibilidades na modelagem UATM: Os conflitos podem ser evitados com a implementação de (a) padrões de separação lateral entre vias aéreas, (b) procedimentos padronizados de partida e chegada para vertiportos e (c) reprogramação de voos em conflito.

Figura 26 - Visualização da modelagem UATM na solução de conflitos



Fonte: NIKLAß *et al*, 2020

3.3.6 MITRE

Dois importantes documentos recentes foram elaborados pela MITRE Corporation, uma organização estadunidense, que se dedica a estudar soluções para problemas futuros da sociedade.

Um desses documentos é uma Concepção Operacional para integrar a Mobilidade Aérea Urbana no espaço aéreo. Segundo esta concepção, principalmente vislumbrando o emprego de aeronaves não tripuladas, as características operacionais do UAM impedirão um desenvolvimento imediato em alta escala, uma vez que os procedimentos, regulações, políticas e estruturas não irão necessariamente acomodar essas operações. Como exemplo, sem um piloto a bordo, “cumprir as regras de voo visual e requisitos de ver e evitar não serão viáveis”. (LASCAR, 2019, tradução nossa)

Como é de amplo conhecimento da comunidade aeronáutica, atualmente, duas regras de voo são empregadas para mitigar riscos de colisão, assegurando um fluxo de tráfego aéreo seguro:

- Visual (VFR), dentro de condições meteorológicas favoráveis, usando referências no solo, evitando visualmente terreno, obstáculos e outras aeronaves; ou
- Por Instrumentos (IFR), usando outros mecanismos tecnológicos para mitigar esses riscos, como instrumentos na cabine associados aos auxílios no solo ou satélites para suportar uma navegação.

De acordo com Lascar (2019), as regras atuais para voos visuais ou por instrumentos impõem limitações para os eVTOL e ao sistema UAM, como segue:

- Sem um piloto treinado a bordo do eVTOL, o voo não teria condições de atender os requisitos para um voo VFR ou IFR, já que não há um ser humano para ver, evitar e seguir as regras em vigor;
- Se um sistema automatizado for responsável pela navegação, esse sistema não será capaz de ouvir e responder de forma confiável as instruções dos controladores por voz;
- Pelo volume esperado de operações UAM, a separação prevista entre as aeronaves será tão grande que tornará as operações vislumbradas inviáveis;
- Da mesma forma, pelo volume esperado de operações UAM, o controle de tráfego aéreo não será capaz de gerenciar e prover os serviços de tráfego aéreo de maneira confiável;

- Como as operações UAM são esperadas para ocorrer acima de 400 ft, os serviços UTM não são aplicáveis. As operações UAM abaixo de 400 ft não serão capazes de serem atendidas pelo UTM, já que esse foi projetado para atender pequenas aeronaves não tripuladas com requisitos de segurança diferentes para aeronaves que transportam passageiros.

Entretanto, o estudo afirma que a integração de sistemas autônomos no espaço aéreo pode ser desafiadora, mas não impossível. Seguindo alguns mecanismos, pode-se permitir a integração inicial no espaço aéreo sem requerer um prazo muito extenso, como novas regulamentações e desenvolvimento de capacidades. Para isto, propõe que “sejam utilizados os processos de construção atuais, criar serviços adicionais de suporte à decisão e permitir um entendimento flexível da intenção das estruturas regulamentárias atuais”. (LASCAR, 2019)

A proposta do MITRE (2019) de Concepção Operacional para permitir a integração do UAM no Espaço Aéreo teria os seguintes componentes:

- Regras de Voo Visual aumentada, incluindo os eVTOL, associada à revisão de mínimos meteorológicos e capacidade de detectar e evitar, com o emprego de tecnologias embarcadas certificadas;

- Corredores dinâmicos delegados, permitindo aproveitar ao máximo o espaço aéreo e provendo a separação dos eVTOL com as aeronaves em voo por instrumentos;

- Serviços automáticos de tomada de decisão, viabilizando um fluxo de tráfego seguro e eficiente; e

- Operações baseadas em performance, permitindo o crescimento gradual das operações UAM, à medida que as tecnologias evoluem.

Já em um documento mais recente, o Sr. Brock Lascara (2021), que lidera os esforços de pesquisa em UAM no MITRE, acredita que, dada a realidade atual, o “baixo volume inicial das operações UAM com pilotos a bordo poderão ser conduzidas como os tráfegos de helicópteros são gerenciados hoje. Entretanto, outro conjunto de regras será necessário para um volume maior, com operações automatizadas”.

Assim como outras concepções, essa pesquisa crê que nesta fase, serão criadas rotas específicas e corredores para suportar o UAM.

“No entanto, embora os corredores UAM possam acomodar a demanda no curto prazo, eles limitarão onde os operadores podem voar”, explica Lascara. Portanto, a longo prazo, “com uma mudança nas regras e procedimentos e nas

tecnologias de voo baseadas no desempenho, as operações do UAM são possíveis fora dos corredores designados”. (McCOLLUM, 2021, tradução nossa)

Em colaboração com o artigo, Jason Giovannelli, que lidera a pesquisa do MITRE sobre o uso de novas tecnologias no ambiente UAM, afirmou que:

“estão investigando a tecnologia que daria suporte a esse tipo de cooperação e escalabilidade, ao mesmo tempo que permitiria que o serviço no espaço aéreo fosse resiliente em uma variedade de cenários, de lançamentos de foguetes a eventos climáticos inesperados”. (McCOLLUM, 2021)

3.3.7 Roland Beger

A Roland Beger *Research* é uma empresa global de consultoria estratégica para grandes mercados. Desde as primeiras iniciativas sobre a Mobilidade Aérea Urbana, vem produzindo e publicando uma série de artigos relacionados ao tema.

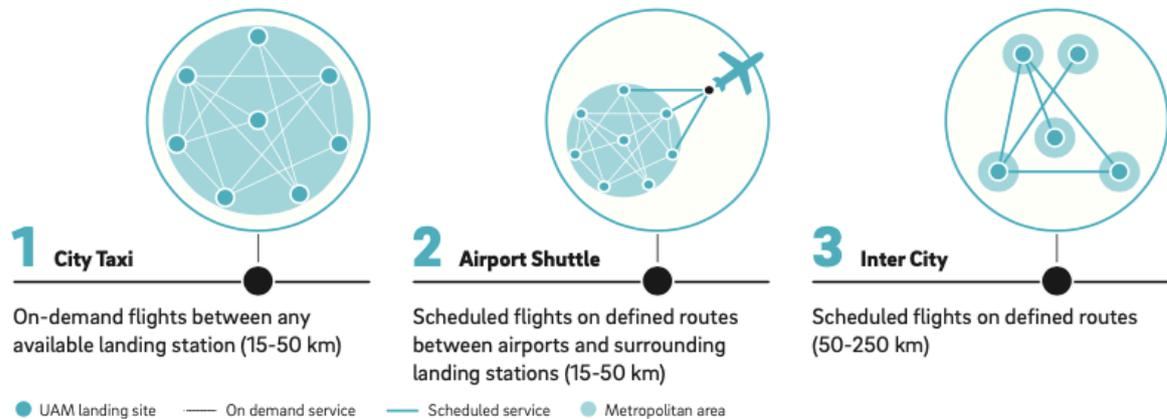
Percebendo um crescente investimento no setor, segundo uma de suas publicações, “deu-se início a corrida para construir as primeiras *startups* de *drones para passageiros* e as empresas aeroespaciais em todo o mundo estão tentando transformar a visão de táxis voadores da ficção científica em realidade”. (ROLAND BERGER, 2019, tradução nossa)

Ainda de acordo com este artigo (2019), o que viabilizará os *drones para passageiros* um meio de transporte possível são as inovações tecnológicas revolucionárias em propulsão elétrica, comunicação segura, navegação e em automação, já sendo considerados um novo domínio da indústria aeroespacial.

“Não são apenas drones”, afirma Sr. Manfred Hader, Chefe de pesquisa do setor Aeroespacial e Defesa da Roland Berger (2020): “o mercado de UAM está se expandindo e existe todo um ecossistema adjacente às operações, como venda de passagens, infraestrutura específica, regulação, serviços de manutenção e reparos, etc”. (HADER, 2020, tradução nossa)

Segundo Hader (2020), “com o tempo, os avanços na propulsão elétrica, tecnologia de voo autônomo e redes de comunicação 5G irão gerar serviços de táxi aéreo sob demanda, transporte regulares para aeroportos e voos intermunicipais”.

Figura 27 - Principais cenários para as demandas do eVTOL



Fonte: HADER, 2020.

Reforçando o benefício desse modal para a sociedade, a empresa afirma que “o transporte para aeroportos e táxis aéreos sob demanda para um a quatro passageiros por até 50 quilômetros podem se tornar uma realidade em alguns anos. O tempo mostrou que voos intermunicipais também poderão estar disponíveis”. (ROLAND BERGER, 2019)

Extrapolando, Hader (2019) afirmou que, “além do transporte de passageiros, outros tipos de serviços também poderão empregar o novo meio de transporte, como ambulâncias e outras emergências para atender às comunidades”.

Sobre a infraestrutura digital com sistemas para viabilizar a integração do UAM no espaço aéreo, o artigo faz uma revisão sobre as principais iniciativas:

“A EHang, por exemplo, está planejando seu próprio centro de operação de drones. A infraestrutura de comunicação também está em desenvolvimento, com a empresa de telecomunicações Vodafone colaborando com a EHang na Alemanha, para fornecer os cartões SIM móveis aos seus drones. Órgãos públicos também estão se envolvendo para garantir operações seguras. O controle de tráfego aéreo alemão Deutsche Flugsicherung formou uma joint venture com a Deutsche Telekom, chamada Droniq, para garantir a integração segura e confiável de drones tripulados e não tripulados em seu espaço aéreo. E a FAA e a NASA desenvolveram, com participantes da indústria, um conceito de operações UAM (ConOps 1.0) para introduzir veículos pilotados em “corredores UAM”. (HADER, 2020, tradução nossa)

Sobre a tecnologia para permitir comunicações rápidas e seguras entre as aeronaves e os centros de comando e controle, a empresa acredita no potencial da tecnologia 5G: “Na perspectiva de segurança, uma rede celular 5G robusta será imperativa para permitir a comunicação entre aeronaves eVTOL, entre eVTOLs e outros objetos voadores e entre eVTOLs e centros de controle”. (HADER, 2018)

De acordo com a empresa, acredita-se que os provedores de serviços de navegação aérea deverão formar o elo entre todas as partes interessadas e, em última análise, serão responsáveis por garantir que os serviços de mobilidade aérea urbana sejam executados com segurança e eficiência. “Irão operar os sistemas de gerenciamento de tráfego preditivo e terão que lidar com o monitoramento altamente granular para maximizar utilização da rede”. (HADER, 2018)

Sobre a sua implementação, a Roland Berger não vê como um dos maiores empecilhos a questão da regulação. Segundo sua percepção, as autoridades da aviação em todo o mundo, como a EASA e a FAA, estão agora trabalhando com os fabricantes de eVTOL e outros participantes para definir e implementar regulamentações viáveis. “A FAA, por exemplo, deve certificar o eVTOL de acordo com os regulamentos existentes, mas em condições especiais”. (HADER, 2020)

Finalmente, acredita-se que “colaboração” é a palavra-chave para esse processo. “Ir sozinho” não será uma opção para nenhum dos atores. O principal fator de sucesso será a forte colaboração entre fabricantes, operadoras, provedores de infraestrutura e autoridades regulatórias”. (HADER, 2018)

3.3.8 Varon

Na Concepção Operacional da Varon Vehicles (2021), “os voos acontecerão em espaços aéreos pré-reservados, a baixa altitude em rotas pré-estabelecidas”.

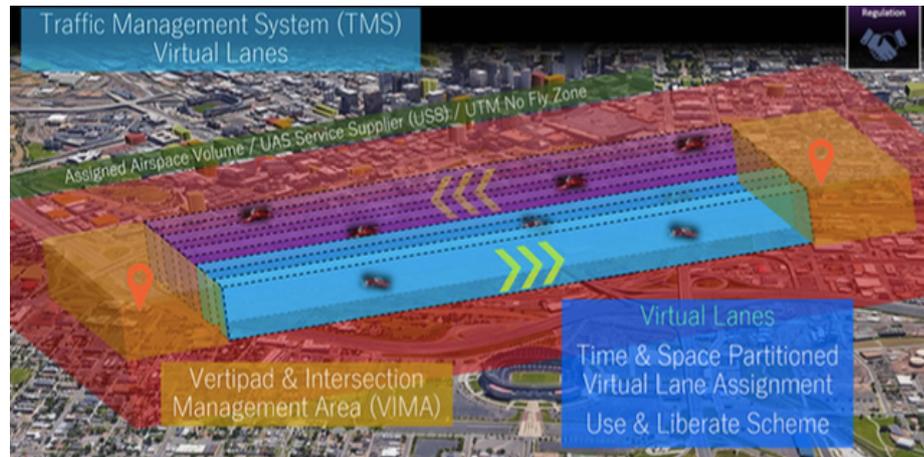
Segundo o documento a intenção é que não haja a necessidade de plano de voo, não aumentando a carga de trabalho do órgão de Tráfego Aéreo e empregando um sistema de gerenciamento próprio, que garantirá a menor distancia entre os vertiportos. Porém, sempre “levando em consideração as zonas de voo proibido, rotas aéreas existentes, infraestruturas críticas, obstáculos, topografia, condições de vento etc. Todos os eVTOL terão pilotos treinados e certificados a bordo”. (VARON, 2021)

É importante citar que o desenvolvimento da arquitetura de integração do espaço aéreo está sendo realizado em conjunto entre a Varon e a Autoridade de Aviação Civil Colombiana.

Observando a figura abaixo, este será o mecanismo por meio do qual o tráfego de nossos veículos aéreos será orquestrado, em um arranjo de caminhos virtuais dentro de volumes de espaço aéreo permanentemente reservados ligando os vertiportos, para garantir o máximo rendimento, a separação necessária, segurança e

gerenciamento de situações fora do nominal. “Layouts de protótipos foram simulados ao vivo com drones não tripulados, em conjunto com empresas fornecedoras parceiras da UTM e a Civil Colombiana”. (VARON, 2021)

Figura 28 - Sistema de gerenciamento de tráfego com caminhos virtuais.



Fonte: Varon, 2021

“Decidimos que a América Latina era uma oportunidade muito melhor e estamos projetando a Mobilidade Aérea Urbana para esses países. Você não pode simplesmente copiar nosso conceito na América Latina e esperar que funcione nos EUA ou na Europa”, afirma Felipe Varon (2021), fundador e CEO da Varon Vehicles Corp.

Concluindo nessa linha, reafirmou que “existem diferenças urbanas, culturais e econômicas - o que significa que você precisa projetar, construir e adaptar o ecossistema da Mobilidade Aérea Urbana para cada região específica. E estamos fazendo isso especificamente para a América Latina”. (VARON, 2021)

Após avaliar algumas das principais proposições no mundo para inserção do UAM no espaço aéreo, serão trazidos aspectos mais vocacionados a realidade brasileira, como tendências, iniciativas além das questões já citadas que podem ser aproveitadas, resultado de sucesso em outros países.

4 DESAFIOS PARA O CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO BRASILEIRO

Para tratar dos desafios, ameaças, oportunidades e possibilidades para o Brasil, é importante destacar os principais envolvidos: O DECEA e suas organizações subordinadas, tanto como regulador quanto como provedor dos serviços de navegação aérea, a ANAC como regulador da Aviação Civil, a EMBRAER, como uma das maiores empresas do setor, seja através de suas empresas EMBRAER X, EVE Urban Air Mobility, Atech e Beacon, seja com suas empresas parcerias como a Helisul e a Flapper.

A EMBRAER foi a grande impulsionadora do assunto no país ao publicar em 2019, com o suporte da EMBRAER X, da Atech e da norte americana Harris um primeiro trabalho denominado *Flight Plan 2030*. Conforme o Presidente e CEO da EMBRAER X, Sr. Daniel Mozydlower, ressaltou em artigo publicado recentemente no LinkedIn:

“Há cerca de 4 anos a EmbraerX, empresa de negócios disruptivos da Embraer, entrou nesta corrida e vem desenvolvendo um veículo elétrico de decolagem e pouso vertical (“eVTOL” – *electrical Vertical Take-Off and Landing*) e também um sistema de controle de tráfego aéreo para o ambiente urbano (“UATM” – *Urban Air Traffic Management*), que terá que se valer de novos conceitos de operação e de novas tecnologias além de se comunicar adequadamente com os sistemas de gerenciamento de tráfego aéreo já existentes”. (MOZYDLOWER, 2021)

Ratificando esse empreendimento, o diretor de Tecnologia da Atech, Sr. Marcos Resende, projetou os desafios que estão por vir:

"Enxergamos esse futuro. Essa aeronave (eVTOL) pode gerar demanda na mobilidade urbana no médio a longo prazo, e por isso já estamos nos preparando. Vamos ter aeronaves maiores, vamos ter helicópteros, drones, aviação geral. Vão ser muito setores que estarão voando nesse ambiente, que tem que ser gerenciado pelo tráfego aéreo urbano", (CORREIO BRAZILIENSE, 2019)

4.1 Primeiras iniciativas

Em setembro de 2019, houve uma primeira aproximação entre as empresas (Embraer X e Atech) e os reguladores (DECEA), com a proposição de iniciarem os estudos no Brasil para viabilizar o UAM. No caso, foi escolhida a cidade do Rio de Janeiro como caso a ser estudado durante o evento, gerando um relatório com as primeiras impressões.

Após algumas apresentações com uma visão geral sobre o assunto, foi realizada uma atividade para identificar em uma matriz SWOT¹ os pontos fortes, fraquezas, oportunidades e ameaças para os atuais e futuros operadores de helicópteros, bem como para aplicação do conceito no espaço aéreo do Rio de Janeiro. Seguem alguns pontos relacionados pelos especialistas:

Quadro 3 - MATRIZ SWOT para implantação do UAM no Rio de Janeiro

PONTOS FORTES	FRAQUEZAS
Experiência em Controle e Gerenciamento do Tráfego Aéreo; Conhecimento em Gerenciamento de Fluxo; Sistemas ATM; Operações não tripuladas já em andamento; Simulação e treinamento; Parceria Academia, Indústria e Autoridades Governamentais; Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional implementado; ADS-B ² em processo de implantação; etc	Compartilhamento de informações em tempo real; Falta de uma regulação específica para o UATM; Cobertura Radar e de Comunicações; Regras de Plano de Voo; Falta de uma modelagem para operação dos eVTOL; Ausência de uma Concepção Operacional; etc
OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
Melhora da Mobilidade; Aprimoramento do Sistema; Novas ferramentas; Novos serviços para a sociedade; Melhora na qualidade de vida; Novo mercado; Benefícios para a economia; Uso mais profícuo do espaço aéreo; Novas tecnologias; Desenvolvimento de ferramentas de apoio à decisão; etc	Proteção; Nível de segurança; Muitos operadores diferentes; Tipos de veículos diversos; Ambiente; Ruído; Topografia; Falta de infraestrutura apropriada; Questões sociais; etc

Fonte: EMBRAER X, 2019b.

Após a SWOT, a dinâmica do trabalho seguiu identificando os objetivos estratégicos com ações de curto, médio e longo prazo e definindo o escopo do projeto.

¹ Análise SWOT (**S**trengths (Forças), **W**eaknesses (Fraquezas), **O**pportunities (Oportunidades), **T**hreats (Ameaças) é uma análise creditada a *Albert Humphrey* (1926 – 2005) da Universidade de Stanford, na qual através de um método estruturado é possível avaliar os fatores externos e internos que poderão afetar um projeto ou uma empresa. Para tal são considerados no âmbito interno os pontos fortes e pontos fracos da empresa ou organização e no âmbito externo, as ameaças e oportunidades.

² Vigilância dependente automática por radiodifusão (ADS-B) envolve a transmissão de informações da aeronave por meio de enlace de comunicação de dados, incluindo sua posição (latitude e longitude), altitude, identificação da aeronave e velocidade, que são obtidas a partir dos sistemas de bordo. Cada mensagem de posição ADS-B inclui também a indicação da qualidade dos dados, que permite aos usuários determinar se os dados são adequados para suportar a função pretendida.

Os principais objetivos estabelecidos para o curto prazo foram desenvolver a concepção operacional para o UATM, identificar a localização dos vertiportos, revisar a regulamentação, promover uma prova de conceito.

Já para o longo prazo, foram identificados o desenvolvimento de sistemas CNS/ATM para suportar a operação do UAM, novas infraestruturas e tecnologias, explorar o conceito de uso flexível do espaço aéreo, dentre outros.

O escopo operacional foi definido como relacionado a quatro áreas:

- 1) Espaço aéreo e rotas;
- 2) Procedimentos;
- 3) Restrições; e
- 4) Mistura de diferentes tráfegos.

E em função do relevo, da demanda e outros aspectos técnicos, foram selecionadas seis localidades para possíveis vertiportos. São elas: Recreio, Jacarepaguá; Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Galeão), Niterói, Copacabana e Barra da Tijuca, conforme figura abaixo:

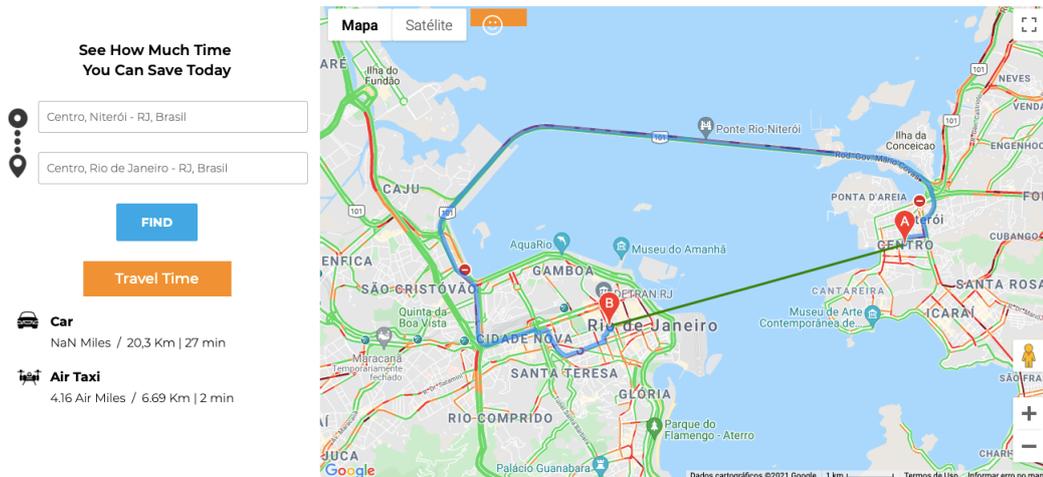
Figura 29 - Proposta de vertiportos e rotas para o Rio de Janeiro



Fonte: EMBRAER X, 2019b.

Para exemplificar essa questão, fazendo uso do sistema interativo elaborado pelo site SkyStations, percebe-se quanto tempo seria economizado empregando o Conceito UAM em dois exemplos na região metropolitana do Rio de Janeiro:

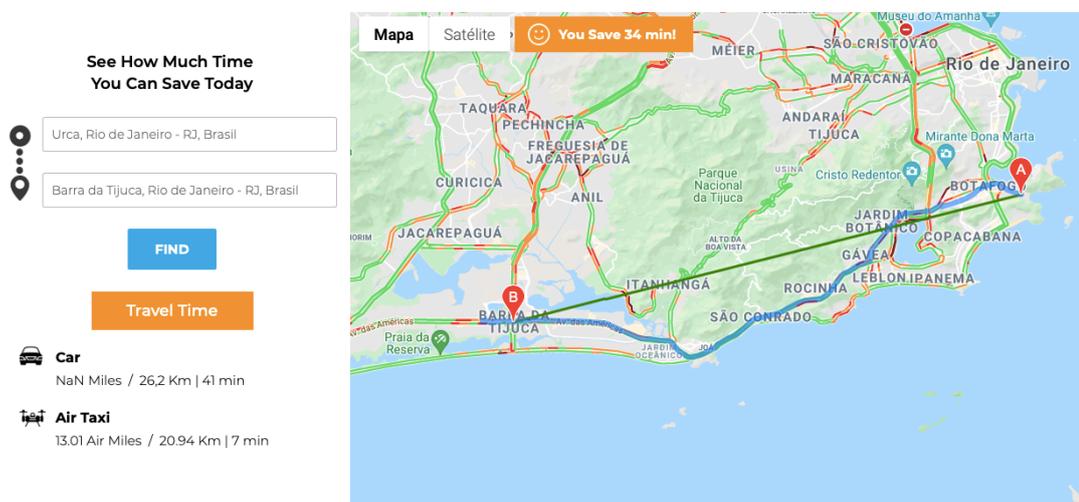
Figura 30 - Simulação entre Niterói e Rio de Janeiro: 27 min x 2 min.



Fonte: SKYSTATIONS, 2021.

A diferença ficaria ainda maior se forem consideradas distâncias maiores e em horários de alto congestionamento, comuns em grandes cidades:

Figura 31 - Urca para a Barra da Tijuca na hora do *rush*: 41min x 7 min.



Fonte: SKYSTATIONS, 2021.

As restrições levantadas foram o relevo, áreas perigosas (como favelas), áreas de treinamento militar e outras áreas restritas, crescente emprego de drones pequenos, uso flexível do espaço aéreo, informações meteorológicas, consciência situacional dos órgãos ATC.

Também foram realizadas as análises dos perigos e ameaças à segurança do espaço aéreo no Rio de Janeiro com o de identificá-las, assim como os fatores que

poderiam contribuir para essas ameaças. Essas informações permitiriam ao grupo identificar os controles que poderiam mitigar os riscos para as operações do UATM.

Dentre a análise dos perigos foram identificadas situações como perda de separação, falha no eVTOL (pane no motor ou fogo), aproximação não estabilizada para o vertiporto, decolagem não estabilizada, erro de navegação, colisão com pássaros, condições meteorológicas adversas, voo instável, vertiporto indisponível para pouso e capacidade da tripulação.

Das ameaças, foram listadas infração da trajetória por outra aeronave, drone ou balão, objetos não autorizados que podem se tornar obstáculos (como guindastes), operadores sem licença ou sem autorização, ataque cibernético, operações emergenciais inesperadas (policiais ou de combate a incêndio) que impactem no espaço aéreo, falha de comunicação, perda de consciência situacional, perda do sistema de gerenciamento de tráfego aéreo urbano e impacto de ventos.

Para mitigar os perigos e ameaças, foram elencadas algumas medidas como estrutura de rotas e informação de procedimentos (estáticos ou dinâmicos), informação de área restrita, autorização de voo, informação de disponibilidade do vertiporto, informação de meteorologia, monitoramento de conformidade e performance, cheques de pré voo e pós voo, *compliance*, sistema de segurança operacional, cheque de pilotos, gerenciamento de fadiga dos tripulantes, integridade das fontes de informação, ferramentas de consciência situacional, supervisão regulatória, sistemas para detectar e evitar conflitos e planos de contingência e emergência.

Depois de discutir os perigos e ameaças, o grupo de trabalho discutiu indicadores e métricas que poderiam ser usados para medir o quão bem o sistema UATM está atendendo aos seus objetivos operacionais (definidos anteriormente). Seguem alguns exemplos de indicadores e métricas discutidos:

- Indicador: Capacidade.
- Métricas: Tempo de ocupação nos corredores; tempo de ocupação dos vertiportos; número de autorizações de voo; intervalos de operação; pico de operação em cada vertiporto; carga por setor; etc.
- Indicador: Previsibilidade.
- Métricas: Pontualidade de decolagem e pouso; cumprimento dos slots; variação de tempo de voo (previsto x executado).

O sucesso do UATM dependerá do envolvimento dos principais atores. Portanto, o próximo passo foi identificar os participantes que influenciarão no desenvolvimento do conceito, como segue abaixo:

- Comunidade: Associações de bairro; Associação brasileira de aviação geral (ABAG); Associação de aeromodelistas; Associação de pilotos de helicópteros; Associação de paragliders; e Associação dos proprietários de aeronaves.

- Indústria: ABEAR; IATA; Operadores de helicópteros de turismo; RIO Galeão; Associação comercial do Rio de Janeiro; Companhias elétricas; e Companhias de telecomunicações.

- Governamentais: ANAC; DECEA; INEA; ANATEL; ANEEL; Ministério da Defesa; IBGE; e Ministério da Infraestrutura.

Em outubro de 2019, após avaliar os trabalhos realizados no workshop, foi produzido um relatório pela EMBRAER X com os resultados e recomendações para viabilizar os conceitos UATM, como seguem resumidos abaixo (EMBRAER X, 2019c):

1. Faça uma abordagem em fases para desenvolver conceitos UATM, aumentando lentamente o nível de complexidade e aprenda com os primeiros testes (sugerem começar com apenas 2 vertiportos e uma ou duas rotas apenas)

2. Envolver-se com as partes interessadas desde o início para aprender sobre barreiras e oportunidades (sugerem estreita colaboração com a equipe de desenvolvimento de veículos da EMBRAER X para obter informações sobre o desempenho, capacidades e autonomia dos eVTOL e sobre a capacidade e designs dos vertiportos).

3. Selecione indicadores relevantes para medir objetivamente a viabilidade do conceito UAM.

4. Use simulações em tempo rápido e em tempo real para os objetivos.

5. Concentre-se no desenvolvimento do conceito UATM, em vez de questões de ATM, para viabilizar a indústria UAM.

Para garantir um projeto bem-sucedido e a implementação efetiva do UATM no Brasil, uma série de fatores críticos de sucesso foram identificados e agrupados, como segue:

1. É necessário um roteiro de longo prazo para a concepção, desenvolvimento e implementação do UATM no Brasil.

2. O Brasil deve propor um grupo de trabalho da ICAO sobre Mobilidade Aérea Urbana.

3. É necessário entender como o uso atual e futuro do ADS-B no Brasil pode ser aplicado no ambiente UAM.

4. É necessário encontrar uma maneira de rastrear os movimentos VFR atuais no Rio para compreender o impacto das operações do UAM e prever o impacto do crescimento da indústria.

5. É necessário entender as opções de vigilância e comunicação em baixas alturas na cidade do Rio de Janeiro.

6. É necessário entender quais mapas topográficos do Rio estão disponíveis atualmente e com que nível de fidelidade, atualidade e integridade.

Após um período de arrefecimento em 2020, muito devido à pandemia do COVID-19, as notícias sobre as tratativas para desenvolvimento do UAM no Brasil voltaram ao cenário, retomando os trabalhos e movimentando a indústria e reguladores.

Recentemente, a EVE firmou uma parceria com a Flapper, uma plataforma independente para voos sob demanda, “oferecendo até 25.000 horas de voo por ano para cidades na América do Sul, incluindo São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte (Brasil), Santiago (Chile), Bogotá (Colômbia), e Cidade do México (México)”. (EVE, 2021e)

Em agosto de 2021, a Eve Urban Air Mobility anunciou a cooperação com outras empresas do grupo EMBRAER, como a Atech (sistemas) e a Beacon (manutenção e reparos), com parceiros estratégicos, como a HeliSul (operadora de helicópteros), a Flapper (plataforma), a Skyports (vertiportos) e a EDP (setor energético), e com entidades governamentais, como o DECEA e a ANAC, para o desenvolvimento de uma nova concepção operacional (CONOPS) para o futuro mercado de Mobilidade Aérea Urbana (UAM) no Rio de Janeiro.

Em entrevista ao jornal O GLOBO, segundo André Stein, CEO de Eve, o objetivo de desenvolver uma CONOPS é “explorar conceitos novos e práticos para facilitar a introdução segura da indústria de mobilidade aérea urbana no Brasil. Nesta etapa inicial, descreveremos as principais características e requisitos do ecossistema, sob a ótica dos usuários, parceiros, entidades e órgãos governamentais envolvidos”. (BARBOSA, 2021)

Nos dias seguintes, foi anunciado que serão realizados testes com passageiros, em uma rota que conecta o Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (Galeão), na Zona Norte à Barra da Tijuca, na Zona Oeste da cidade.

Figura 32 - Ilustração do eVTOL da EVE sobre o Rio de Janeiro



Fonte: EMBRAER X, 2021

Segundo o anúncio, 50 privilegiados vão participar dos testes que ocorrerão em um período de 30 dias. E para comprar o bilhete, o passageiro deverá acessar o aplicativo da Flapper, start-up que vende assentos para voos dessa categoria. A viagem será operada pela empresa de “táxi aéreo” Helisul.

“Embora São Paulo seja o maior mercado potencial, escolhemos o Rio pela visibilidade e por ser uma cidade com grandes desafios de mobilidade. É a capital com o maior tempo de deslocamento entre casa e trabalho de todas as capitais”, afirmou o Sr. André Stein. (BARBOSA, 2021)

4.2 Cenários Perspectivos

Após a considerarmos as últimas ações feitas no Brasil, as comparando as evoluções em outros países, é possível verificar que os trabalhos iniciais estão alinhados às melhores práticas para viabilizar o UAM.

Excetuando-se a visão chinesa, que já prevê o emprego de aeronaves autônomas, o planejamento brasileiro, assim como em outros países, se dará em fases, com testes iniciais e pilotos a bordo até chegar às concepções mais complexas, com grande densidade de aeronaves, tripuladas ou não.

Desde o princípio, estão sendo verificados os esforços para que todos os atores estejam presentes, como visto no workshop de 2019. A colaboração é peça fundamental para que o processo não sofra inconsistências, por isso, a participação dos principais atores vem colaborando para a busca de soluções.

Uma delas, como anunciada, é a confecção de uma Concepção Operacional, que discriminará os passos para a inserção desse novo veículo como modal no sistema brasileiro. Apesar de vir depois de algumas concepções, a proposição de fazer um documento desse porte coloca o Brasil na vanguarda do setor.

Sob a liderança do DECEA e da ANAC, assim como no modelo adotado pela Autoridade de Aviação Civil do Reino Unido, um dos primeiros passos será uma revisão normativa, provavelmente através de um *Sandbox* regulatório, para tornar o UAM aderente aos regulamentos.

Como afirmou recentemente o Sr. Roberto Honorato, Superintendente de Aeronavegabilidade da ANAC, durante um webinar sobre o tema promovido pela MundoGeo (2021), “a regulamentação deve usar as melhores práticas para viabilizar o desenvolvimento do setor. As sugestões da sociedade devem colaborar para o marco regulatório”.

Já a iniciativa de testar o sistema como um todo, realizando uma prova de conceito com passageiros, desde a compra do bilhete até a realização do traslado, pode se tornar uma experiência inovadora no mundo, ainda não realizada em nenhum outro país.

Mas fato é que muitos desafios ainda estão por vir. A operações devem ser inicialmente conduzidas de modo similar as regras para helicópteros, como propõe a maioria das Concepções (NASA, FAA, Airservices Australia e UK CAA). O fluxo seria conduzido por corredores segregados, entre vertiportos definidos. Essas são ações possíveis de serem acomodadas no sistema atual, sem grandes alterações.

Assim foi abordado pelo Cap Jean Pierre de Castro Benevides, representante do DECEA, no evento Drone Show, realizado em São Paulo de 20 a 21 de setembro de 2021:

“O eVTOL deve, num primeiro momento, operar pequenos trechos de área urbana, em contraposição aos helicópteros, mais adequados para distâncias maiores. O eVTOL é uma das apostas da indústria nos próximos anos e, naturalmente, exigirá dos órgãos competentes uma regulação efetiva, sobretudo no que tange à segurança de seus usuários e da população. É nessa ocasião que entra em cena o conceito de UAM, que irá acomodar este novo vetor, o eVTOL. Inicialmente compreendemos que eles deverão utilizar corredores dedicados para os seus percursos em altitudes que variam de 400 a 2000 pés”. (BASSETO, 2021)

Porém, com o incremento da quantidade de aeronaves, vertiportos e destinos aleatórios, a complexidade exigirá sistemas de gerenciamento de tráfego aéreo

urbano colaborativos, com informações em tempo real, permitindo o uso flexível do espaço aéreo de forma automatizada.

A Concepção Operacional de Gerenciamento de Tráfego Aéreo (ATM) Nacional (BRASIL, 2021, p. 22) já prevê que o gerenciamento dos ambientes UAM e UTM deverá ser delegado aos operadores, estando, porém, sob a supervisão do DECEA.

É importante ressaltar que uma das premissas para a prestação desse serviço é que haja garantia “da equidade e da interoperabilidade entre os sistemas ATM, UAM e UTM”, fundamental para a interoperabilidade dos diversos tipos de sistemas, sejam tripulados ou não tripulados.

Nesse cenário, cabe ressaltar o problema levantado por essa pesquisa a respeito dos impactos nos paradigmas atuais do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro.

Dependendo da evolução do UAM e do aumento da quantidade de aeronaves evoluindo dentro das cidades, a estrutura do espaço aéreo brasileiro pode sofrer uma demanda para ser dividida em novas classes, com novos procedimentos, principalmente aqueles baseados em performance, como sugeriu o já citado estudo da EASA (2019).

As comunicações deverão permitir o compartilhamento de dados com maior velocidade, com segurança e evitando o uso de voz para não aumentar a carga de trabalho de pilotos e controladores, provavelmente usando a tecnologia celular 5G, como citado nos estudos da Roland Berger. Poderia ser considerado também um avanço ainda maior da tecnologia CPDLC (*Controller Pilot Data Link Communications*), já em uso na área da FIR (Região de Informação de Voo) Atlântico e em processo de implantação para todas as regiões continentais do país.

A navegação e vigilância deverão estar suportadas por sistemas mais avançados que os atuais, sejam satelitais ou baseados no solo, como o ADS-B, também em vias de implantação em maior escala no Brasil, de modo a permitir uma maior consciência situacional tanto dos pilotos quanto dos centros de controle.

Admitir a possibilidade de sistemas de aeronaves não tripuladas para o UAM no Brasil ou em qualquer lugar do planeta passará certamente pela aprovação de sistemas embarcados capaz de detectar e evitar outras aeronaves ou obstáculos, de modo a garantir a segurança das pessoas a bordo, como a integridade daquelas que estarão em solo, sob essa circulação.

A aceitação da sociedade será crucial, então, a promoção da segurança deverá ser primordial para o desenvolvimento dessa nova tecnologia. Caso contrário, o próprio mercado pode sofrer uma rejeição que inviabilize sua implantação.

Portanto, percebe-se que o Brasil está no caminho correto, seguindo as melhores práticas globais. Porém ainda há um longo caminho pela frente para superar os desafios para a uma integração segura e completa do UAM no espaço aéreo brasileiro.

5 CONCLUSÃO

Com o crescimento populacional das grandes cidades a cada ano, aumentaram as dificuldades de locomoção, fazendo com que a sociedade buscasse alternativas para os modais tradicionais.

Como visto, uma das possibilidades é a Mobilidade Aérea Urbana, através de veículos elétricos com decolagem e pousos verticais. Esses veículos serão capazes de permitir um deslocamento efetivamente mais rápido nas áreas urbanas, principalmente nos momentos de grande congestionamento, entre centros e seus principais aeroportos e até, entre cidades próximas.

Na esteira da ampla disseminação dos *drones*, foram observados grandes investimentos, apontando para um mercado promissor, com várias iniciativas pelo mundo. Uma verdadeira corrida no setor, contando com empresas de renome na área aeroespacial, como a EMBRAER e diversas startups recém-criadas, que acreditam no novo nicho de empreendimento.

Observadas as características do novo meio de transporte, os principais fabricantes e seus modelos, o trabalho dedicou-se a focar nos desafios para a sua implementação.

Focado em apresentar as questões relacionadas à sua inserção no espaço aéreo e os impactos para os provedores de serviço de navegação aérea, o estudo não teve a pretensão de esgotar a matéria, ciente que várias outras áreas do conhecimento exigirão novas pesquisas, como as certificações dos pilotos e das aeronaves, licença de frequências, segurança das comunicações, ruído, privacidade, poluição visual, segurança operacional, perigo aviário, aceitabilidade por parte da sociedade, etc.

Procurou-se então compreender as responsabilidades e normatizações, os desafios para a estrutura do espaço aéreo e os fatores determinantes para a sua geometria, assim como verificou-se algumas das principais concepções operacionais existentes no mundo, buscando avaliar as melhores práticas adotadas até agora para a evolução do conceito.

Passada essa fase, analisou-se como o Brasil, através das autoridades reguladoras, indústria e comunidade estavam abordando o tema e quais as ações estariam em andamento. Em uma verificação, constatou-se um alinhamento com concepções de outros países, imaginando a sua evolução por fases.

Primeiro, de forma mais aderente as regulações e estruturas atuais, com procedimentos similares aos empregados aos helicópteros e utilizando as mesmas características de deslocamento.

Nesse momento, corredores segregariam o espaço aéreo e a criação de vertiportos aprimorariam a mobilidade aérea urbana, possibilitando novas rotas e um pouco mais de flexibilidade.

Entretanto, as fases mais futurísticas vislumbrariam uma maior quantidade de aeronaves de diversos tipos, sejam elas tripuladas ou não, requerendo sistemas de alta disponibilidade, com alta capacidade de compartilhar dados para permitir um fluxo contínuo e a garantia do desconflito seguro entre elas, suportadas por equipamentos de vigilância aumentada e navegação com precisão e monitoramento.

Mas os desafios são imensos para a sua integração no espaço aéreo, com a alta segurança que o sistema exige.

Vão desde aspectos da própria aeronave e sua autonomia, características dos vertiportos, capacidade de detectar e evitar outros tráfegos, procedimentos de emergência, até a estrutura e o gerenciamento de tráfego aéreo em alturas muito baixas e densamente povoadas, fluxo e capacidade do sistema, cobertura de comunicação, navegação e vigilância, meteorologias adversas, dentre outras.

Após a realização de um workshop em 2019, a iniciativa do DECEA, da ANAC, da EMBRAER (Eve e Atech) e outros entes da sociedade para desenvolver de forma colaborativa uma Concepção Operacional para o Brasil, tomando o Rio de Janeiro como prova de conceito, mostra-se acertada e alinhada com as principais iniciativas globais.

A partir de então, poderão ser mapeadas as necessidades práticas para as primeiras fases. Sem deixar, porém, de observar o foco na plena integração ATM, UAM e UTM, de forma segura e eficiente, características marcantes do Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro.

Por fim, como se trata de um assunto muito recente, onde são esperadas evoluções significativas em pouco tempo, recomenda-se a realização de novos estudos, não só sobre os desafios para o controle do espaço aéreo, mas para tantas outras questões já citadas em outras áreas.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, Gabriel. Gol Linhas Aéreas terá ‘carro voador elétrico’ para dispensar Uber. **Exame**. São Paulo, 21 set. 2021. Disponível em: <https://exame.com/negocios/gol-carro-voador-eletrico-uber/>. Acesso em 21 set. 2021.

AIRSERVICES AUSTRALIA; EMBRAER X. **Urban Air Traffic Management: Concept of Operations. Version 1**. Canberra, 2020. Disponível em: https://daflwcl3bnxyt.cloudfront.net/m/3dc1907d3388ff52/original/PPJ016561-UATM-Concept-of-Operations-Design_D11-FINAL.pdf. Acesso em 30 abr. 2021.

ATECH, da Embraer, prepara gestão de tráfego aéreo para carro voador. **Correio Braziliense**. Brasília, 03 abr. 2019. Disponível em: https://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/economia/2019/04/03/internas_economia,747265/atech-da-embraer-prepara-gestao-de-trafego-aereo-para-carro-voador.shtml. Acesso em 23 jun. 2021.

AUSTRALIA. Department of Infrastructure, Transport, Regional Development and Communications. **Economic Benefit Analysis of Drones in Australia Final Report**. Deloitte Access Economics. Brisbane, 23 out. 2020 Disponível em: <https://www.infrastructure.gov.au/aviation/technology/files/economic-benefit-analysis-of-drones-to-australia-final-report.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2021.

BARBOSA, Mariana. Embraer vai simular rota do ‘carro voador’ ligando Galeão à Barra. **O Globo**. Rio de Janeiro, 29 ago. 2021.

BASSETO, Murilo. DECEA debate mobilidade aérea urbana e rural no Drone Show 2021. **AEROIN**. São Paulo. 22 set. 2021. Disponível em: <https://www.aeroin.net/decea-debate-mobilidade-aerea-urbana-e-rural-no-drone-show-2021/>. Acesso em: 23 set. 2021.

BAURANOV, Alexander. RAKAS, Jasenka. Designing airspace for urban air mobility: A review of concepts and approaches. **Progress in Aerospace Sciences**. Elsevier Ltda. Cambridge, MA, 8 jun. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0376042121000312>. Acesso em: 26 jun. 2021.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, DF: Presidência da república, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 9 abr. 2021.

BRASIL. **Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986**. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica. Brasília, DF: Presidência da república, 1986. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7565compilado.htm. Acesso em: 25 abr. 2021.

BRASIL. **Lei Complementar nº 97, de 09 de junho de 1999.** Dispõe sobre as normas gerais para a organização, o preparo e o emprego das Forças Armadas. Brasília, DF: Presidência da república, [2016]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp97.htm. Acesso em: 9 abr. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 6.834, de 30 de abril de 2009.** Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão do Grupo-Direção e Assessoramento Superiores e das Funções Gratificadas do Comando da Aeronáutica, do Ministério da Defesa, e dá outras providências. Brasília, DF. Presidência da República, 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/Decreto/D6834.htm#anexoi. Acesso em: 25 abr. 2021.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Estratégia Nacional de Defesa. Política Nacional de Defesa.** Brasília, DF: MD, 2020a. Versão sob apreciação do Congresso Nacional (Lei Complementar 97/1999, art. 9º, § 3º) Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/pnd_end_congresso_.pdf. Acesso em: 9 abr. 2021.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Aeronaves Não Tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo.** ICA 100-40. Rio de Janeiro, 2020b.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Serviços de Tráfego Aéreo.** ICA 100-37. Rio de Janeiro, 2020c.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Controle do Espaço Aéreo. **Concepção Operacional ATM Nacional.** DCA 351-2. Rio de Janeiro, 2021.

CAA On Air. **Episode 8: Urban Air Traffic Management.** Entrevistados: David Rottblatt e Brenden Redblom. Entrevistadores: Jonathan Nicholson e Nathan Lovett. UK Civil Aviation Authority, 11 jun. 2021. Disponível em: <https://soundcloud.com/user-134290775>. Acesso em: 11 jun. 2021.

CHAPMAN, Lizette; STONE, Brad. Joby`s plan for air taxis take shape. **Bloomberg Businessweek.** Nova York, 02 jun. 2021 Disponível em: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-06-02/air-taxi-startup-joby-plans-2024-launch-and-going-public-via-a-spac>. Acesso em: 03 jun. 2021.

COHN, Pamela. Urban Air Mobility: Shaping the future of mobility. How Hyundai is positioning itself as a relevant player in the UAM market. **The Roland Berger Center of Smart Mobility.** Hamburgo, 16 out. 2020. Entrevista. Disponível em: <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Urban-Air-Mobility-Shaping-the-future-of-mobility.html>. Acesso em 25 maio 2021.pdf

EMBRAERX, ATECH AND HARRIS. **Flight Plan 2030: An Air Traffic Management Concept for Urban Air Mobility;** EmbraerX, Atech and Harris: Melbourne, FL, USA, 2019a. Disponível em: https://daflwcl3bnxyt.cloudfront.net/m/72d6ed98a71cb43f/original/200702_AF_EMBX_White_Paper_DM.pdf. Acesso em 17 abr. 2021

EMBRAER X, ATECH. **Results from UATM Ideation Workshop with EmbraerX, Atech and DECEA.** EmbraerX and Atech. 26 set. 2019b.

EMBRAER X, ATECH. **Recommendations for Developing a UATM ConOp for Rio de Janeiro: Objectives and Indicators.** EmbraerX and Atech. 23 out. 2019c.

EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY. **CORUS: U-Space Concept of Operations.** EASA. Colonia, 25 out. 2019. Disponível em: <https://ext.eurocontrol.int/ftp/?t=714bd3ca21914c619387f1811a6b2f24> Acesso em: 04 ago. 2021.

EUROPEAN UNION AVIATION SAFETY AGENCY. **Study on the societal acceptance of Urban Air Mobility in Europe.** EASA. Colonia, 19 maio. 2021. Disponível em: <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/uam-short-report.pdf>. Acesso em: 20 maio. 2021.

EVE. **Eve announces Halo as launch partner in the Urban Air Mobility market with an order for 200 eVTOL aircraft.** EVE Urban Air Mobility Solutions. Melbourne, FL, 01 jun. 2021a. Disponível em: <https://eveairmobility.com/eve-announces-halo-as-launch-partner-in-the-urban-air-mobility-market-with-an-order-for-200-evtol-aircraft/>. Acesso em: 02 jun. 2021.

EVE. **Eve and Helisul announce partnership to develop UAM products and services in Brazil with an initial order of up to 50 eVTOLs.** EVE Urban Air Mobility Solutions. Melbourne, FL, 06 jun. 2021b. Disponível em: <https://eveairmobility.com/eve-and-helisul-announce-partnership-to-develop-uam-products-and-services-in-brazil-with-an-initial-order-of-up-to-50-evtols/>. Acesso em: 07 jun. 2021.

EVE. **Eve Urban Air Mobility announces partnership with Ascent.** EVE Urban Air Mobility Solutions. Melbourne, FL, 10 jun. 2021c. Disponível em: <https://eveairmobility.com/eve-urban-air-mobility-announces-partnership-with-ascent/>. Acesso em: 12 jun. 2021.

EVE. **Eve Urban Air Mobility Announces Cooperation with Beacon's maintenance platform.** EVE Air Mobility. Melbourne, FL, 01 jul. 2021d. Disponível em: <https://eveairmobility.com/eve-urban-air-mobility-announces-cooperation-with-beacons-maintenance-platform/> Acesso em: 02 jul. 2021.

EVE. **Eve and Flapper to develop Urban Air Mobility operations in Latin America.** EVE Urban Air Mobility Solutions. Melbourne, FL, 22 jul. 2021e. Disponível em: <https://eveairmobility.com/eve-and-flapper-to-develop-urban-air-mobility-operations-in-latin-america/>. Acesso em: 22 jul. 2021.

✪ FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Urban Air Mobility, Concept of Operations v1.0.** FAA. Washington, DC, 2020. Disponível em: https://nari.arc.nasa.gov/sites/default/files/attachments/UAM_ConOps_v1.0.pdf. Acesso em 30 abr. 2021.

GIANOTO, Juliano. **Fabricante apresenta aeronave eVTOL ‘Maker’, que já tem pedidos da United Airlines.** AEROIN. São Paulo, 12 jun. 2021. Disponível em: <https://www.aeroin.net/fabricante-apresenta-aeronave-evtol-maker-que-ja-tem-pedidos-da-united-airlines/>. Acesso em 02 jul. 2021.

GIPSON, Lillian. Air Traffic Management – eXploration (ATM-X). **National Aeronautic and Space Administration (NASA)**. Washington, 5 set. 2018. Disponível em: <https://www.nasa.gov/aeroresearch/programs/aosp/atm-x/atm-x-project-description>. Acesso em: 17 maio. 2021.

HADER, Manfred *et al.* **Urban air mobility: The rise of a new mode of transportation.** Roland Berger GMBH. Munique, 2018. Disponível em: <https://www.scribd.com/document/446980456/Roland-Berger-Urban-Air-Mobility-pdf>. Acesso em: 25 maio. 2021

HADER, Manfred *et al.* **The high-flying industry: Urban Air Mobility takes off.** The Roland Berger Center of Smart Mobility. Hamburgo, 2020. Disponível em: https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_urban_air_mobility_1.pdf. Acesso em: 25 maio. 2021

HOLDEN, Jeff. **Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation.** Uber Under the Hood. 27 out. 2016. Disponível em: <https://uberpubpolicy.medium.com/fast-forwarding-to-a-future-of-on-demand-urban-air-transportation-f6ad36950ffa>. Acesso em 07 ago. 2021.

JANG, Dae-Sung, *et al.* **Concepts of Airspace Structures and Systems Analysis for UAS Traffic flows for Urban areas.** Aerospace Research Centre. Moffett Fields, CA, 05 jul. 2017. Disponível em: <https://arc.aiaa.org/doi/pdf/10.2514/6.2017-0449>. Acesso em: 31 ago. 2021.

KOPARDEKAR, Parimal *et al.* **Unmanned Aircraft Systems Traffic Management (UTM) Concept of Operations.** NASA Ames Research Center. Moffett Fields, CA, 2016. Disponível em: <https://aviationsystems.arc.nasa.gov/publications/2016/AIAA-2016-3292.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2021.

LASCAR, Brock *et al.* **Urban Air Mobility Airspace Integration Concepts. Operational Concepts and Exploration Approaches.** The MITRE Corporation. Bedford, Jun. 2019. Disponível em: <https://www.mitre.org/sites/default/files/publications/pr-19-00667-9-urban-air-mobility-airspace-integration.pdf>. Acesso em: 30 abr.2021

LILIUM. **Lilium holds Capital Markets Day, announces plan for \$1 billion commercial deal & strategic alliance with leading Brazilian airline Azul and the appointment of new board members following business combination with Qell.** Lilium. Munique, 2021. Disponível em: <https://lilium.com/newsroom-detail/capital-markets-day-planned-1-billion-commercial-deal-with-brazilian-airline-azul-appointment-of-new-board-members>. Acesso em: 03 ago. 2021.

MARINHO, Daniel. **DECEA aprimora tráfego de helicópteros no espaço aéreo sobre a Baía de Campos, no RJ.** FAB. Brasília, 19 out. 2018. Disponível em: <https://www.fab.mil.br/noticias/mostra/32970/TECNOLOGIA%20-%20DECEA%20aprimora%20trafego%20de%20helicopteros%20no%20espaço%20aéreo%20sobre%20a%20Baía%20de%20Campos,%20no%20RJ>. Acesso em 23 jun. 2021.

McCOLLUM, Marlis. **Air Taxis Are Coming: The Planning Starts Now.** The MITRE Corporation. Bedford, abr. 2021. Disponível em: <https://www.mitre.org/publications/project-stories/air-taxis-are-coming-the-planning-starts-now>. Acesso em 24 jun. 2021.

MOCZYDLOWER, Daniel. **A revolução da mobilidade aérea sustentável começou.** São José dos Campos, 19 jun. 2021. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/revolu%25C3%25A7%25C3%25A3o-da-mobilidade-a%25C3%25A9rea-sustent%25C3%25A1vel-come%25C3%25A7ou-daniel/?trackingId=V6VlwpxtRjO1A%2BXleSXOAA%3D%3D>. Acesso em 22 jun. 2021.

MOHIELDIN, Mahmoud; VANDYCKE, Nancy. **Sustainable Mobility for the 21st Century.** The World Bank. Washington, 10 jul. 2017. Disponível em: <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2017/07/10/sustainable-mobility-for-the-21st-century>. Acesso em: 26 maio 2021.

MORGAN STANLEY. **Flying Cars: Investment Implications of Autonomous Urban Air Mobility.** Morgan Stanley Research. Nova York, 02 dez. 2018. Disponível em: <https://www.morganstanley.com/ideas/autonomous-aircraft>. Acesso em: 29 jun. 2021.

MUNDOGEO. **Mobilidade Aérea Urbana: Cenários do tráfego aéreo mais intenso de baixa altitude.** Curitiba, 04 ago. 2021. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=NwRMSL_P-ow. Acesso em 04 ago. 2021.

NASA. **Urban Air Mobility (UAM) Market Study.** NASA. Washington, nov. 2018. Disponível em: <https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/uam-market-study-executive-summary-v2.pdf>. Acesso em 28 fev. 2021.

Niklaß, Malte *et al.* **A Collaborative Approach for an Integrated Modeling of Urban Air Transportation Systems.** *Aerospace* 7, no. 5: 50. Basel, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/aerospace7050050>. Acesso em 25 abr. 2021.

OACI. **Convention on International Civil Aviation.** Doc 7300. 9. ed. Montreal, 2006.

OACI. **Air Traffic Services. Annex 11 to the Convention on International Civil Aviation.** Montreal, 2018a.

OACI. **Drone Enable: ICAO's Second Unmanned Aircraft Systems Industry Symposium.** Chengdu, China, 2018b. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=eTC-IUWyKko>. Acesso em: 10 ago. 2021.

OACI. **Procedures for Air Navigation Services — Air Traffic Management**. Doc. 4444. Montreal, 2016.

OACI. **Global Air Navigation Plan**. Doc. 9750. 6. ed. Montreal, 2019. Disponível em: https://www.icao.int/publications/Documents/9750_6ed_en.pdf. Acesso em 29 abr. 2021.

OACI. **Safety Audit Results: USOAP interactive viewer**. Montreal, 2021a. Disponível em <https://www.icao.int/safety/pages/usoap-results.aspx>. Acesso em 29 abr. 2021.

OACI. **Stocktaking: e-VTOL & urban air mobility - A new systemic & sustainable approach for air travel**. Webinar. Montreal, 2021b. Disponível em: <https://www.icao.tv/2021-icao-stocktaking-webinar-series/videos/stocktaking-2021-evtol-urban-air-mobility>. Acesso em: 04 jun. 2021.

OLIVEIRA, Pedro Henrique. Hyundai quer ter “carro voador” funcionando em 2025. **Quatro Rodas**. São Paulo, 21 jun. 2021. Disponível em <https://quatrorodas.abril.com.br/noticias/hyundai-quer-ter-carro-voador-funcionando-em-2025/> Acesso em 22 jun.2021

ONU prevê que cidades abriguem 70% da população mundial até 2050. ONU News. 19 fev. 2019. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701>. Acesso em 23 abr. 2021.

PRITCHARD, Jason. **Volocopter’s 2x evtol air taxi flies at paris air forum, velocity also on display at show**. eVTOL Insights. Londres, 21 jun. 2021. Disponível em: <https://evtolinsights.com/2021/06/volocopters-2x-evtol-flies-at-paris-air-forum-velocity-also-on-display-at-show/> Acesso em 22 jun. 2021.

REUTER, Florian. Urban Air Mobility The selection and evaluation process of relevant partners in the industry. **The Roland Berger Center of Smart Mobility**. Hamburgo, 21 jan. 2020. Entrevista. Disponível em: <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Urban-Air-Mobility-The-selection-and-evaluation-process-of-relevant-partners-in.html>. Acesso em: 25 maio 2021.

ROLAND BERGER. **Urban Air Mobility (UAM): The rise of a new mode of Transportation**. Youtube, 14 mar. 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RPhk0ulRNUs&t=2s>. Acesso em: 25 maio 2021.

SAVAGE, I., ‘**Comparing the fatality risks in United States transportation across modes and over time**’, Research in Transportation Economics, vol. 43, issue 1, 2013, p.9-22.

SCHUMPETER, Joseph. **"O Fenômeno Fundamental do Desenvolvimento Econômico"**. *A Teoria do Desenvolvimento Econômico*. Rio de Janeiro: Nova Cultural, 1985.

SKYSTATIONS. 2021. Disponível em: <https://www.skystations.co/#myAnchor4>. Acesso em: 16 jun. 2021

STONOR, Cris. All-electric 'Flying Ferries' may soon be crossing English Channel. **Urban Air Mobility News**. Hove, UK, 2021. Disponível em: <https://www.urbanairmobilitynews.com/experimental-craft/all-electric-flying-ferries-may-soon-be-crossing-english-channel/>. Acesso em 20 jun. 2021.

TEXAS A&M TRANSPORTATION INSTITUTE. **2019 Urban Mobility Report**. Houston, 2019. Disponível em: <https://static.tti.tamu.edu/tti.tamu.edu/documents/mobility-report-2019.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2021.

UBIRATAN, Edmundo. Embraer avança no desenvolvimento de soluções para eVtol. **AERO Magazine**. São Paulo, 21 jun. 2021. Disponível em: https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/embraer-avanca-no-desenvolvimento-de-solucoes-para-evtol_6799.html. Acesso em 22 jun. 2021.

UK AIR MOBILITY CONSORTIUM. **Early results from developing and testing a UK UAM CONOPS are promising**. UK Civil Aviation Authority. Londres, 31 ago. 2021. Disponível em: <https://ukairmobility.com/early-results-from-developing-and-testing-a-uk-uam-conops-are-promising/>. Acesso em 01 set. 2021.

VARON, Felipe. Urban Air Mobility: How to build an Operating System in Latin America. **The Roland Berger Center of Smart Mobility**. Hamburgo, 12 fev. 2021. Entrevista. Disponível em: <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Urban-Air-Mobility-How-to-build-an-operating-system-in-Latin-America.html>. Acesso em: 25 maio. 2021.

VARON VEHICLES. **UAM Concept**. Varon Vehicles Corp. Coral Gables, 2021. Disponível em: <https://www.varonvehicles.com/concept>. Acesso em: 24 jun.2021

VERTICAL FLIGHT SOCIETY. 4th VFS Workshop on eVTOL Infrastructure: Vision Systems Summit. **Vertical Flight Society**. Fairfax, 2021.

WIJAYA, Grace et al; STEIN, André et al. **Demand Potential for Urban Air Mobility**. MIT researchers in collaboration with EVE. Los Angeles, 09 jun. 2021. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/16dSOLr4cA4FbjDRU0qr_Jt9YaYBmEvjL/view?usp=s haring. Acesso em: 10 jun. 2021.

WORLD ECONOMIC FORUM. **Principles of the Urban Sky**. World Economic Forum. Los Angeles, 15 set. 2020. Disponível em: <https://www.weforum.org/reports/principles-of-the-urban-sky/principles-of-the-urban-sky#report-nav>. Acesso em: 27 jun. 2021