

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

VITOR HENRIQUE SPROGIS

e-VTOLS: Trajetória da inovação na indústria
aeronáutica e sua aceitação perante os clientes

São Carlos - SP

2023

VITOR HENRIQUE SPROGIS

e-VTOLS: Trajetória da inovação na indústria
aeronáutica e sua aceitação perante os clientes

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia Aeronáutica da Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro Aeronáutico.

Orientador: Prof. Dr. Humberto Filipe de
Andrade Januário Bettini

São Carlos - SP

2023

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

S771e Sprógis, Vitor Henrique
e-VTOLS: Trajetória da inovação na indústria
aeronáutica e sua aceitação perante os clientes / Vitor
Henrique Sprógis; orientador Humberto F. A. J.
Bettini. São Carlos, 2023.

Monografia (Graduação em Engenharia Aeronáutica)
-- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade
de São Paulo, 2023.

1. eVTOL. 2. mercado. 3. Urban Air Mobility. I.
Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE APROVAÇÃO
Approval sheet

Candidato / Student: Vitor Henrique Sprogis
Título do TCC / Title : e-VTOLS: Trajetória da inovação na indústria aeronáutica e sua aceitação perante os clientes
Data de defesa / Date: 13/12/2023

Comissão Julgadora / Examining committee	Resultado / result
Professor Doutor Maicon Gouvêa de Oliveira	<i>Aprovado</i>
Instituição / Affiliation: EESC - SEP	
Professor Doutor Jorge Henrique Bidinotto	<i>Aprovado</i>
Instituição / Affiliation: EESC - SAA	

Presidente da Banca / Chair of the Examining Committee:



Professor Doutor Jorge Henrique Bidinotto
(assinatura / signature)

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à minha família, que sempre esteve ao meu lado e apoiou incondicionalmente minhas decisões. O suporte que recebi ao decidir deixar a loja da família para buscar meu sonho em Engenharia Mecânica e, posteriormente, em Engenharia Aeronáutica, foi essencial para minha jornada acadêmica e profissional. Sem esse apoio inabalável, não estaria redigindo estas palavras agora.

Quero estender meus agradecimentos ao meu orientador, Humberto Filipe de Andrade Januário Bettini, cuja presença constante e ativa colaboração foram fundamentais na construção deste trabalho. Sua orientação foi um farol durante minha trajetória acadêmica, e sou grato por sua dedicação e sabedoria.

Por último, mas certamente não menos importante, gostaria de expressar minha sincera gratidão a uma grande amiga e companheira, Carolina Babin. Sua presença ao meu lado durante os momentos de *brainstorming*, sua ajuda na coleta de dados e seu apoio integral ao longo de todo o processo criativo deste Trabalho de Conclusão de Curso foram inestimáveis.

A todos que contribuíram para o meu crescimento e sucesso acadêmico, meu mais profundo obrigado.

RESUMO

SPROGIS, V. H. **e-VTOLS: Trajetória da inovação na indústria aeronáutica e sua aceitação perante os clientes.** 2023. 93 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.

Este trabalho tem como objetivo realizar um mapeamento das tendências de intenção de compra de eVTOLs (*Electric Vertical Take-Off and Landing*) ao longo dos últimos anos, visando proporcionar uma análise profunda desses dados. Apesar de os eVTOLs ainda não terem alcançado a homologação, a promessa de *Advanced Air Mobility* (AAM) tem atraído significativa atenção para o debate. Nesse cenário, observa-se um aumento expressivo na participação de novos *players*, incluindo *startups*, e empresas consolidadas na indústria da aviação, todos focados nesse mercado em expansão. Ao longo desta pesquisa, busca-se fornecer *insights* valiosos sobre as tendências de interesse, antecipando possíveis cenários futuros à medida que a tecnologia eVTOL evolui. Além disso, pretende-se estabelecer conexões pertinentes entre o interesse em eVTOLs e o estágio de desenvolvimento da aviação comercial em diferentes países, investigando se as nações mais engajadas nesse novo mercado são também aquelas com setores de aviação comercial mais avançados. Este estudo pretende contribuir para o entendimento mais amplo do panorama emergente da mobilidade aérea avançada e suas implicações para a indústria da aviação global.

Palavras-chave: eVTOL, mercado, *Urban Air Mobility*, *Design Philosophy*, *Advanced Air Mobility*

ABSTRACT

SPROGIS, V. H. **e-VTOLS: Trajectory of innovation in the aeronautical industry and its acceptance among customers.** 2023. 93 f. Monography (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.

This study aims to map the trends in the intent to purchase eVTOLs (Electric Vertical Take-Off and Landing vehicles) over the past few years, with the goal of providing a deep analysis of this data. Despite the fact eVTOLs did not yet achieve certification, the promise of Advanced Air Mobility (AAM) has garnered significant attention and debate. In this scenario, there has been a notable increase in the participation of new players, including startups and established companies in the aviation industry, all focused on this expanding market. Throughout this research, the aim is to offer valuable insights into trends, anticipating possible future scenarios as eVTOL technology evolves. Additionally, there is an intention to establish relevant connections between the interest in eVTOLs and the stage of development of commercial aviation in different countries, investigating whether the nations most engaged in this new market also have more advanced commercial aviation sectors. This study seeks to contribute to a broader understanding of the emerging landscape of advanced air mobility and its implications for the global aviation industry.

Key-words: eVTOL, market, *Urban Air Mobility*, *Design Philosophy*, *Advanced Air Mobility*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Bimotor Vickers (1919)	16
Figura 2 – Aeronave Ehang 184 na CES 2016	17
Figura 3 – Vectored Thrust do Lilium Jet.....	42
Figura 4 – Multirotor da Volocopter - Volocity	42
Figura 5 - Lift + cruise da Wisk Aero – Generation 6	43

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tempo médio de viagem no Brasil (2020 e 2022)	20
Gráfico 2 - Pedidos de eVTOL em função do Tempo	31
Gráfico 3 - Pedidos da Archer segmentados por cliente	32
Gráfico 4 - Pedidos da Beta Technologies segmentados por cliente	33
Gráfico 5 - Pedidos da Ehang segmentados por cliente	33
Gráfico 6 – Pedidos da Eve segmentados por cliente	34
Gráfico 7 – Pedidos da Lilium segmentados por cliente.....	35
Gráfico 8 – Pedidos da SkyDrive segmentados por cliente	35
Gráfico 9 – Pedidos da Vertical Aerospace segmentados por cliente.....	36
Gráfico 10 – Pedidos da Volocopter segmentados por cliente.....	37
Gráfico 11 – Segmentação dos clientes.....	40
Gráfico 12 – Segmentação de pedidos em <i>Design Philosophy</i>	44
Gráfico 13 – Segmentação de <i>Design Philosophy</i> por clientes.....	45
Gráfico 14 - Influência do <i>Design Philosophy</i> sobre as autonomias	47
Gráfico 15 - Influência do <i>Design Philosophy</i> sobre as velocidades de cruzeiro	48
Gráfico 16 – Influência do <i>Design Philosophy</i> sobre diferentes distâncias	49
Gráfico 17 - Tempo médio de viagem no Brasil (2020 e 2022)	50
Gráfico 18 - Distâncias médias de viagem no Brasil (2020 e 2022).....	50
Gráfico 19 - Distribuição global dos pedidos mapeados.....	52
Gráfico 20 - Distribuição em países dos pedidos mapeados	53
Gráfico 21 - 10 maiores frotas em serviço de helicópteros civis	54
Gráfico 22 - Frota de Turboprop + Regional Jet de empresas aéreas comerciais comparado com os pedidos de eVTOLs.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAM	<i>Advanced Air Mobility</i>
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
Bi	Bilhões
BRL	Real
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
CFO	<i>Chief Financial Officer</i>
CTO	<i>Chief Technology Officer</i>
DoD	<i>Department of Defense</i>
EMS	<i>Emergency Medical Services</i>
EUA	Estados Unidos da América
eVTOL	<i>Electric Vertical Take-Off and Landing</i>
IISS	<i>International Institute for Strategic Studies</i>
MRO	<i>Maintenance, Repair and Overhaul</i>
UAM	<i>Urban Air Mobility</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	Objetivo	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos Específicos	14
2	MERCADO DE EVTOLS	15
2.1	História dos eVTOLs	15
2.2	Definição e vantagens	18
2.3	Desenvolvedoras	20
2.3.1	<i>Startups</i> debruçando-se sobre o novo mercado	22
i.	Archer Aviation	22
ii.	AutoFlight.....	23
iii.	Beta Technologies	23
iv.	EHang	24
v.	Eve Air Mobility.....	25
vi.	Joby Aviation.....	26
vii.	Lilium	26
viii.	SkyDrive	27
ix.	Vertical Aerospace.....	27
x.	Volocopter	28
xi.	Wisk Aero.....	29
3	METODOLOGIA.....	29
4	ANÁLISES	30
4.1	Vendas gerais.....	30
4.2	Segmentação dos Clientes	37
4.3	Segmentação por <i>Design Philosophy</i>	42
4.3.1	Comparativo de custos de aquisição.....	46
4.3.2	Influência sobre a autonomia.....	47
4.3.3	Influência sobre a velocidade de cruzeiro	48
4.4	Distribuição global dos pedidos.....	52
4.4.1	Frota mundial de helicópteros civis.....	54

4.4.2	Aviação comercial	55
5	CONCLUSÃO.....	57
	REFERÊNCIAS	59

1 INTRODUÇÃO

O mercado de eVTOLs está nascendo com a promessa de trazer uma alternativa a carros e voos comerciais, levantando um novo nicho de mercado de taxis aéreos e, trazendo vantagens; a exemplo de:

- Sustentabilidade: eVTOLs são elétricos, reduzindo a emissão de gases poluentes emitidos por veículos movidos a combustão;
- Eficiência energética: carros movidos a combustão são movidos pelo Ciclo de Carnot, possuindo uma eficiência térmica média entre 12% e 35%, enquanto para aviões comerciais movidos a combustão essa eficiência oscila, em média, entre 20% e 40%. Já veículos elétricos possuem eficiências superiores a 77%;
- Redução de ruídos: veículos elétricos possuem menor emissão de ruídos em comparação aos a combustão, muito embora novas geometrias estejam sendo desenvolvidas com o objetivo de reduzir a emissão de ruídos de veículos a combustão;
- Mobilidade Urbana: eVTOLs podem descongestionar malhas urbanas sobrecarregadas, além de não necessitarem de espaços extensos para decolar e pousar, como os aviões comerciais;

Os veículos elétricos de decolagem e pouso vertical (eVTOLs) surgem como uma alternativa viável para diversas operações atualmente desempenhadas por helicópteros, especialmente em distâncias mais curtas. Áreas como táxi aéreo, serviços médicos de emergência (EMS) e voos turísticos destacam-se como segmentos nos quais os eVTOLs apresentam um potencial significativo. Embora a aplicação militar esteja em perspectiva para os próximos anos, os eVTOLs já demonstram ser uma solução promissora para desafios específicos. Em comparação com a aviação convencional, apesar de embora não poderem rivalizar com os aeronaves de fuselagem larga (*widebodies*), essas aeronaves emergentes já se configuram como uma opção viável para substituir jatos executivos ou mesmo aeronaves do genero *turboprop* em determinadas operações, evidenciando assim seu papel crescente no cenário da aviação moderna.

Este trabalho de pesquisa se revela intrigante ao evidenciar o aumento crescente do interesse na tecnologia em questão, revelando um padrão de demanda que reflete uma tendência crescente na sua aquisição. Além disso, busca oferecer uma compreensão clara sobre quais

segmentos de clientes estão mais inclinados a adotar essa inovação, investigando suas preferências em relação a diferentes configurações. Ainda que não se aprofunde excessivamente, a pesquisa também se propõe a fornecer uma visão geral das características técnicas dessas aeronaves, visando compreender a preferência do consumidor em relação a determinadas tecnologias. Dessa forma, esta monografia não apenas acompanha a evolução do interesse, mas também busca lançar luz sobre os fatores técnicos que parecem influenciar a escolha dos consumidores nesse cenário em constante transformação.

Este documento propicia a oportunidade de analisar a distribuição global desses pedidos, permitindo uma visão abrangente dos locais onde o mercado está mais aquecido. A capacidade de mapear essa distribuição não apenas revela regiões que demonstram um interesse proeminente, mas também oferece *insights* valiosos para a projeção de áreas com uma adoção mais incipiente dessa tecnologia. Ao compreender os padrões de demanda e aceitação em diferentes partes do mundo, é possível antecipar tendências emergentes e identificar oportunidades estratégicas para impulsionar a implantação e aceitação dessas inovações em âmbito global.

1.1 Objetivo

O propósito deste estudo consiste em realizar um mapeamento das intenções de compra de eVTOLs para os principais protagonistas do mercado atual. Além disso, pretende-se promover uma discussão aprofundada sobre *insights* provenientes das análises numéricas efetuadas. Este trabalho visa a oferecer uma compreensão mais refinada das perspectivas de aquisição de eVTOLs por parte de atores-chave, enriquecendo o entendimento sobre as dinâmicas desse setor em constante evolução.

1.1.1 Objetivo Geral

O propósito mais abrangente desta pesquisa é não apenas realizar um mapeamento, mas também segmentar as vendas de eVTOLs em diversas categorias. Isso inclui a análise das especificações técnicas das aeronaves, a identificação dos diferentes tipos de compradores e a avaliação da distribuição global dessas entregas. Além disso, quando viável, busca-se estabelecer paralelos significativos com setores análogos, como a aviação comercial e a aviação de asas rotativas (helicópteros). Esta abordagem visa a fornecer uma compreensão mais

detalhada e contextualizada do cenário das vendas de eVTOLs, enriquecendo a análise com perspectivas comparativas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a. Apresentação das companhias selecionadas (11 empresas)
- b. Mapeamento de todas as vendas das empresas selecionadas
- c. Segmentação destas vendas por tipos de empresa
- d. Segmentação por *Design Philosophy*
- e. Segmentação por autonomia e velocidade de cruzeiro
- f. Estabelecimento de paralelos com a aviação comercial

2 MERCADO DE EVTOLS

Esta seção tem como propósito proporcionar uma breve contextualização histórica da aviação, destacando a incorporação do eVTOL como um capítulo significativo dessa trajetória. Além disso, busca-se apresentar de forma concisa e informativa os principais participantes mapeados nesse cenário. O objetivo é não apenas situar a discussão em termos temporais, mas também fornecer uma visão introdutória abrangente sobre a evolução da aviação e a relevância do eVTOL nesse contexto, ao mesmo tempo em que se oferece uma apresentação sintética dos atores-chave identificados.

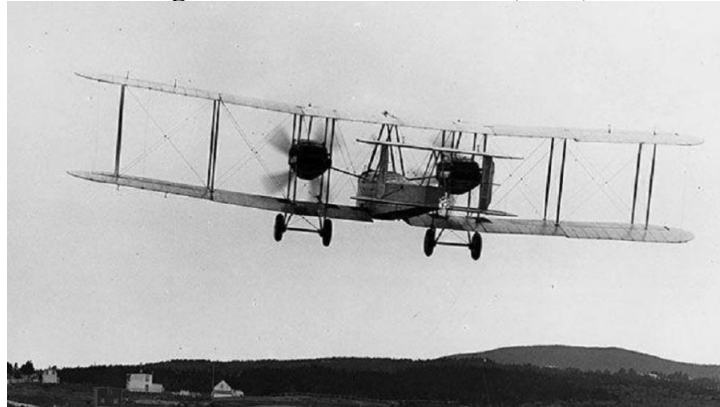
2.1 História dos eVTOLS

A aviação tem experimentado uma evolução contínua desde seu momento inaugural em 1903, quando os irmãos Orville e Wilbur Wright realizaram o histórico primeiro voo bem-sucedido. O Flyer 1, uma criação inovadora dos irmãos, apresentava um *design* notável, com asas biplanas e um sistema de controle de três eixos. Alternativamente, é possível considerar o 14-Bis de 1906 como um marco inicial, notavelmente distinto do avião dos Wright, pois dispensava o uso de uma catapulta para decolar, sendo propulsionado por um motor próprio. O estabelecimento concreto do marco inicial da aviação é matéria polêmica e além do escopo da discussão aqui pretendida.

Podemos enumerar, de maneira não exaustiva, alguns marcos da aviação, em relação à sua contínua evolução tecnológica:

- 1919 - Voo transatlântico de Alcock e Brown: em junho de 1919, John Alcock e Arthur Brown realizaram o primeiro voo transatlântico sem escalas, voando da Terra Nova, no Canadá, até a Irlanda em um avião Vickers Vimy (distância de 3.138 km, voo de aproximadamente 12 horas).

Figura 1 - Bimotor Vickers (1919)



Fonte: Brooklands Museum

- 1927 - Voo solo do Atlântico por Charles Lindbergh: Charles Lindbergh fez história em maio de 1927 ao realizar o primeiro voo solo sem escalas pelo Oceano Atlântico, voando de Nova York para Paris em seu avião "Spirit of St. Louis".
- 1932 - Primeiro voo solo ao Redor do Mundo por Wiley Post: Wiley Post se tornou o primeiro piloto a dar a volta ao mundo de forma solitária em 1933, usando o avião "Winnie Mae".
- 1947 - Quebra da Barreira do Som por Chuck Yeager: o piloto Chuck Yeager quebrou a barreira do som em um avião Bell X-1 em outubro de 1947, demonstrando que era possível voar mais rápido que a velocidade do som.
- 1957 - Lançamento do Sputnik 1: em 1957, a União Soviética lançou o primeiro satélite artificial, o Sputnik 1, marcando o início da corrida espacial.
- 1969 - Aterrissagem na Lua: a missão Apollo 11 da NASA levou os astronautas Neil Armstrong e Buzz Aldrin à superfície da Lua em julho de 1969, com Armstrong proferindo a famosa frase: "Um pequeno passo para um homem, um salto gigante para a humanidade."
- 1970 - Primeiro Voo do Concorde: o Concorde, um avião supersônico de passageiros, fez seu primeiro voo comercial em 1976, inaugurando a era das viagens supersônicas.
- 2004 - Primeiro Voo Tripulado de uma Aeronave Comercial Suborbital: a aeronave SpaceShipOne, projetada por Burt Rutan e financiada por Paul Allen, fez o primeiro voo tripulado de uma aeronave comercial suborbital, abrindo caminho para o turismo espacial.

- 2021 - Primeiro Voo de um Helicóptero em Marte: em abril de 2021, o helicóptero Ingenuity, da NASA, realizou o primeiro voo controlado e motorizado em outro planeta, Marte.

Perante tal trajetória de inovações, a indústria de eVTOLs representa um novo marco na evolução da aviação. Os primeiros protótipos dessa categoria foram apresentados ao público em 2016 (CES - Consumer Electronics Show - 2016, Las Vegas, EUA) com destaque para a empresa chinesa EHang e seu revolucionário modelo, EHang 184. Nessa fase inicial, a aeronave era capaz de alcançar altitudes de até 500 metros, atingir velocidades de cerca de 100 km/h e apresentava uma autonomia de até 23 minutos. Embora esse tempo de voo não fosse extenso, é importante considerar que se tratava de um modelo pioneiro. Além disso, é relevante observar que, há cinco anos, os motores elétricos estavam em um estágio de desenvolvimento menos avançado, o que já fazia do modelo da EHang um primeiro protótipo impressionante e promissor.

É fundamental destacar que a capacidade de percorrer distâncias curtas não compromete, de forma alguma, o valor intrínseco dos eVTOLs. Afinal, a proposta subjacente a essas aeronaves é proporcionar uma alternativa ágil e eficiente tanto para deslocamentos urbanos quanto para viagens curtas, preenchendo uma importante lacuna entre carros convencionais e aeronaves tradicionais. No entanto, é importante notar que os modelos mais avançados podem ultrapassar a marca dos 200 km/h e cobrir distâncias superiores a 300 km, como abordaremos posteriormente.

Figura 2 – Aeronave Ehang 184 na CES 2016



Fonte: Tecnoblog 2016

No ano seguinte, a empresa alemã Volocopter apresentou o seu primeiro protótipo, o VC200, ao público na AERO Friedrichshafen Airshow, uma das maiores feiras de aviação geral e esportiva da Europa, realizada anualmente na cidade de Friedrichshafen, no sul da Alemanha, e que atrai entusiastas da aviação, profissionais da indústria aeroespacial, fabricantes, pilotos e visitantes de todo o mundo. O modelo contava com velocidade de cruzeiro similar à sua concorrente chinesa, de 100 km/h, e as baterias possuíam autonomia de 27 minutos. Depois destas duas empresas pioneiras, muitas outras começaram a ingressar no mercado, àquela altura incipiente de eVTOLs, como se comentará adiante.

2.2 Definição e vantagens

Um eVTOL é, por definição, um veículo elétrico que decola e pousa verticalmente.

Uma das principais vantagens associadas à adoção de veículos elétricos reside na redução da dependência de combustíveis fósseis. A exploração desses recursos não renováveis tem sido alvo de preocupações, e estudos, que indicam que, com base em um modelo modificado de Klass que leva em consideração o histórico de consumo, existe uma previsão de escassez do petróleo até o ano de 2040 (SHAFIEE, 2009) [82]. Este modelo, embora não seja isento de limitações, como a possibilidade de novas descobertas de reservas (por exemplo, as recentes descobertas no pré-sal do bloco Aram), bem como variações imprevistas no consumo, ainda proporciona uma valiosa estimativa da magnitude do desafio que humanidade enfrenta em relação à disponibilidade de recursos energéticos no futuro.

Ainda sobre as vantagens de ser um veículo elétrico, temos que o consumo de combustíveis fósseis, como petróleo, carvão e gás natural, tem impactos significativos e prejudiciais sobre a camada de ozônio da Terra. Esses combustíveis liberam compostos químicos, como dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x), durante sua queima, que podem reagir na atmosfera e contribuir para a formação de poluentes atmosféricos, como o dióxido de nitrogênio (NO₂) e as partículas de aerossol. Esses poluentes podem degradar o ozônio estratosférico, enfraquecendo a camada de ozônio que nos protege dos raios ultravioleta prejudiciais do sol. O resultado é o aumento da exposição aos raios UV-B, que pode acarretar sérios impactos na saúde humana, como aumento do risco de câncer de pele, danos oculares e supressão do sistema imunológico. Além disso, a depleção da camada de ozônio também afeta os ecossistemas terrestres e aquáticos, prejudicando a flora, a fauna e os ciclos biogeoquímicos globais [100] [1]. Portanto, a mitigação do consumo de combustíveis fósseis é fundamental para reduzir os efeitos negativos sobre a camada de ozônio e promover a saúde do planeta.

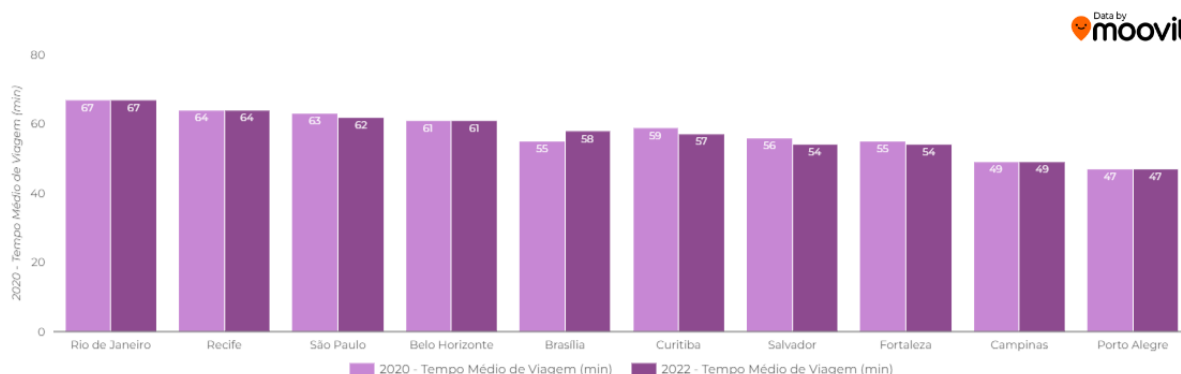
Nota-se que existem vantagens ecológicas da sua utilização sobre as demais fontes de transporte de média distância, que serão concorrentes diretos desta nova tecnologia, como carros e aviões à combustão. Mas, no que se refere aos benefícios comerciais para os *stakeholders* e sobre outras tecnologias, está o fato de sua decolagem e pouso serem verticais. Assim, uma das vantagens mais marcantes dos eVTOLs é a redução significativa dos gastos com infraestrutura. Diferentemente dos aviões tradicionais, que dependem de pistas de pouso e aeroportos adequados, os eVTOLs não requerem uma infraestrutura de terra complexa. Isso não apenas economiza recursos substanciais em construção e manutenção de pistas - aproximadamente 15% do valor pago nas passagens da aviação comercial é referente ao custo com infraestrutura (KARLSSON, 2008) [67] -, mas também amplia consideravelmente as opções de localização para operação. Os eVTOLs podem decolar e pousar em áreas urbanas congestionadas, locais remotos e até mesmo a partir de helipontos já existentes, proporcionando maior flexibilidade e acessibilidade em comparação com as aeronaves convencionais, que estão restritas a locais com pistas de pouso específicas. Isso tem o potencial de revolucionar a mobilidade urbana e a conectividade em regiões de difícil acesso, oferecendo soluções de transporte mais versáteis e eficientes.

Outro benefício marcante reside no fato de serem impulsionados por motores elétricos, tendo a capacidade de operar com níveis de ruído significativamente mais baixos do que as aeronaves tradicionais que utilizam motores a combustão. Essa redução de ruído não apenas beneficia a qualidade de vida das pessoas nas áreas urbanas, minimizando a poluição sonora, mas também tem o potencial de abrir portas para operações em áreas sensíveis ao ruído, como zonas residenciais densamente povoadas. Além disso, a redução do ruído torna as operações de eVTOL mais amigáveis ao meio ambiente, mitigando os impactos negativos do transporte aéreo sobre a saúde auditiva das comunidades e possibilitando uma integração mais suave dessas aeronaves elétricas nas infraestruturas urbanas.

Representam, também, uma solução promissora para melhorar a mobilidade urbana em grandes centros urbanos, como São Paulo. Essas aeronaves oferecem uma forma eficiente e rápida de contornar os desafios de tráfego congestionado que frequentemente afligem metrópoles densamente povoadas. Em São Paulo, onde congestionamentos prolongados são comuns, os eVTOLs podem permitir que residentes e trabalhadores evitem o estresse do tráfego rodoviário, economizando tempo precioso em seus deslocamentos diários. Isso pode ajudar a aliviar a pressão sobre as vias congestionadas de grandes metrópoles. Em São Paulo, por exemplo, gasta-se, em média, 62 minutos por trajeto no transporte público (MOOVIT, 2022)

[80]. Considerando a necessidade da ida e volta ao trabalho da grande maioria da população, são gastas pouco mais de duas horas por dia com deslocamentos, algo que pode ser minorado pela nova tecnologia.

Gráfico 1 - Tempo médio de viagem no Brasil (2020 e 2022)



Fonte: Relatório Global Moovit sobre Transporte Público 2022

2.3 Desenvolvedoras

O mercado de eVTOLs é ainda incipiente, conforme já discutido anteriormente, e podemos segmentar as companhias investindo nesta tecnologia em dois grupos distintos: empresas consolidadas no mercado da aviação de um lado e, por outro, *startups* ingressando diretamente no segmento de eVTOLs. Esta seção discutirá sobre tais segmentos e essas empresas.

A vantagem de contar tanto com *startups* quanto com empresas consolidadas trabalhando em uma nova tecnologia, como os eVTOLs, pode ser ilustrada pelo conceito de "inovação disruptiva". Clayton Christensen [15], um renomado teórico da inovação, cunhou esse termo para descrever como as *startups* muitas vezes introduzem novas tecnologias ou modelos de negócios que podem perturbar ou transformar indústrias estabelecidas.

As *startups* são frequentemente ágeis, flexíveis e têm uma cultura de experimentação. Elas estão dispostas a assumir riscos e podem inovar rapidamente, trazendo ideias frescas e soluções inovadoras para o mercado. No contexto da aviação, as *startups* podem ser pioneiras em tecnologias revolucionárias, como propulsão elétrica, sistemas de automação avançada e *designs* de aeronaves disruptivos.

Por outro lado, as empresas consolidadas na indústria da aviação possuem recursos consideráveis, experiência acumulada e uma infraestrutura estabelecida. Elas têm a capacidade

de investir em pesquisa e desenvolvimento em larga escala e em programas de certificação rigorosos, necessários para garantir a segurança e a conformidade regulatória. Além disso, têm uma base de clientes existente e relacionamentos sólidos com autoridades reguladoras.

A combinação de *startups* inovadoras e empresas consolidadas pode ser altamente benéfica para o mercado da aviação. Enquanto as startups introduzem novas ideias e tecnologias de forma rápida e disruptiva, as empresas consolidadas podem ajudar a escalar essas inovações, garantindo sua segurança, confiabilidade e integração com o sistema de aviação existente. Esse equilíbrio entre inovação ágil e estabilidade parece ser funcional para impulsionar o progresso tecnológico na aviação e oferecer soluções avançadas aos desafios atuais e futuros da indústria.

O foco deste levantamento será as startups que estão se debruçando sobre este novo mercado, apesar do fato de as empresas consolidadas estarem presentes neste mercado de diversas formas¹.

A partir de uma consulta preliminar a bancos de notícias, foi levantada uma lista das principais companhias voltadas ao desenvolvimento de eVTOLs de acordo com a prevalência de nomes associados a vendas significativas. Assim, as empresas escolhidas foram: Archer Aviation, Auto Flight, Beta Technologies, EHang, Eve Air Mobility, Joby Aviation, Lilium, SkyDrive, Vertical Aerospace, Volocopter e Wisk Aero.

No que se refere à representatividade desta amostra, considerou-se o levantamento da Alton Aviation Consultancy: eVTOL Orders: 2022 Wrapped [79] como guia. De acordo com este documento, haviam sido vendidos 6.984 eVTOLs até a data de elaboração (Dez de 2022). De acordo com o critério de empresa, este mesmo levantamento estimava que as companhias selecionadas para a pesquisa haviam vendido² a seguinte quantidade de veículos:

- Eve Air Mobility: 2.165 unidades;
- Vertical Aerospace: 975 unidades;
- Lilium: 582 unidades;
- AutoFlight: 360 unidades;
- Volocopter: 260 unidades;

¹ Enumerando alguns casos: Eve Air Mobility é subsidiária da Embraer; a Wisk Aero foi fundada como uma parceria entre a Boeing e a Kitty Hawk, mas em 2023 a Boeing assumiu total controle da companhia, apesar do valor da negociação não ter sido divulgado; diversas parcerias estão sendo formadas para fabricação de peças, como, por exemplo, entre a Vertical Aerospace e a GKN Aerospace para design e fabricação da asa do seu eVTOL VA-X4; parcerias estão sendo feitas para testagem e homologação, como, por exemplo, entre a US AIR Force e a Archer e a Joby Aviation; entre outros tantos casos.

² Vendido é um termo comercialmente utilizado, mas abrange cartas de intenções de compra, acordos comerciais, entregas feitas, entre outros.

- Archer: 200 unidades;
- Beta Technologies: 175 unidades;
- SkyDrive: 10 unidades;
- EHang: 1.210 unidades;

Tal lista perfaz um total de 4.727 unidades, excluindo-se os dados da EHang devido a acusações de inclusão de vendas canceladas em seus relatórios, conforme será explicado posteriormente. No levantamento realizado por este trabalho e atualizado para Novembro de 2023, matéria a ser detalhada em seguida, essas empresas registraram um total de 6.555 unidades vendidas. Com isso, é viável estimar um crescimento de 38,7% nas vendas em comparação com o ano de 2022.

Assim, é possível estimar que as vendas totais de 2023 seriam resultado da aplicação da taxa de crescimento média ao número de vendas projetado pela Alton Aviation Consultancy [79]. Isto é, um aumento de 38% sobre o total de vendas levantado pela Alton Aviation Consultancy de 5774 vendas (as vendas da EHang foram desconsideradas pela suspeita de fraudes em seus números). Com isso, conclui-se que é esperado um total de 8809 unidades vendidas em 2023. Nesse contexto, torna-se viável calcular a representatividade estimada da nossa amostra, embora desconsideremos a possível entrada de novos participantes em 2023, fixando-a em 74% ($6.555/8.809$) do total de vendas esperado para o referido ano.

2.3.1 Startups debruçando-se sobre o novo mercado

i. Archer Aviation

A Archer foi fundada em 16 de outubro de 2018 por Brett Adcock e Adam Goldstein com o objetivo de desenvolver aeronaves elétricas de decolagem e pouso vertical. A empresa teve início com o financiamento privado de Adcock e Goldstein. Mais tarde, Marc Lore, executivo da Walmart, também apoiou o lançamento da empresa.

Inicialmente, a Archer colaborou com o Herbert Wertheim College of Engineering da Universidade da Flórida no desenvolvimento de aeronaves. Tanto Adcock quanto Goldstein são ex-alunos da universidade. Atualmente, a Archer opera um laboratório de pesquisa no campus da Universidade da Flórida em Gainesville, Flórida, que foi financiado por Adcock e Goldstein.

A Archer recebeu um investimento de US\$ 215 milhões, que inclui fontes como Stellantis, Boeing, United Airlines e ARK Investment Management LLC (“ARK Invest”), elevando o financiamento total da Archer até o momento para mais de US\$ 1,1 bilhão. Esse

aporte fortalece o caminho da Archer rumo à certificação da FAA e operações comerciais em 2025. Ao mesmo tempo, a Midnight (eVTOL da companhia) recebe o Certificado Especial de Aeronavegabilidade da FAA, com expectativa de iniciar os testes de voo e tornar-se a primeira aeronave eVTOL a ser entregue a um cliente, como parte dos contratos da Archer com o Departamento de Defesa (DoD) dos EUA.

O parceiro estratégico de longo prazo, Stellantis, lidera a rodada de investimentos ao acelerar o investimento conforme o acordo de financiamento estratégico existente. Boeing, Archer e Wisk também chegaram a um acordo para iniciar uma colaboração em voo autônomo e resolver litígios.

ii. AutoFlight

Situada na China, a Autoflight foi estabelecida em 2016 pelo visionário Tian Yu. A empresa mantém centros de pesquisa e desenvolvimento estrategicamente localizados na Alemanha e na China, complementados por um centro de testes e operações nos Estados Unidos. Em 22 de novembro de 2021, veio à luz que um investidor comprometeu um investimento substancial de US\$ 100 milhões na Autoflight para impulsionar ainda mais o seu desenvolvimento.

A Autoflight afirma colocar segurança e confiabilidade como suas máximas prioridades, incorporando tecnologias interdisciplinares em seus produtos de aviação. Isso abrange inovações em novos materiais, inteligência artificial, autonomia, detecção e prevenção de colisões no ar, sistemas de controle de voo com múltiplas redundâncias, microeletrônica, comunicações 4G e 5G para canais de comunicação multilaterais, além de funcionalidades como decolagem e pouso remotos assistidos por radares terrestres, entre diversas outras tecnologias avançadas.

A empresa apresentou seu eVTOL V1500M, atualmente denominado Prosperity I, para quatro passageiros em um evento aéreo realizado em setembro de 2021, na China. Essa aeronave autônoma foi projetada com o propósito específico de possibilitar decolagens e pousos em áreas urbanas.

iii. Beta Technologies

A Beta Technologies, fundada pelo empreendedor Kyle Clark em 2017, destaca-se como uma das principais empresas de VTOL elétrico que contam com o respaldo financeiro da

United Therapeutics, liderada por Martine Rothblatt, com o objetivo específico de desenvolver soluções para o transporte de órgãos humanos. Em um anúncio, em abril de 2022, a Beta revelou a obtenção de US\$ 375 milhões em sua segunda rodada de financiamento, elevando seu montante total de captação para US\$ 796 milhões.

A empresa desenvolveu o ALIA-250, fruto de uma abordagem central pautada por simplificar a aeronave ao máximo, priorizando a segurança ao reduzir a complexidade, visto que uma aeronave menos intrincada apresenta menor probabilidade de falhas. O segundo princípio é otimizar o peso da aeronave, buscando a leveza como um fator essencial. Além disso, a estratégia envolve a capacidade de armazenar uma quantidade significativa de energia por meio de baterias eficientes. Por fim, visa-se manter a eficiência máxima da aeronave ao adotar motores elétricos, promovendo assim um desempenho superior e sustentável.

iv. EHang

Empresa já citada na Seção 2.1, trata-se de uma *startup* de aviação chinesa fundada em 2014 por Derrick Xiong e Huazhi Hu com a missão de tornar a mobilidade aérea segura, autônoma e ecologicamente amigável acessível a todos.

Ela se destaca como uma empresa líder na vanguarda da tecnologia de veículos aéreos autônomos. Sua atuação é crucial para moldar o futuro do transporte, impulsionada pelos seus eVTOLs desenvolvidos internamente, bem como por soluções comerciais inovadoras. Eles se orgulham de serem pioneiros, acreditando ser os primeiros no mundo a apresentar eVTOLs de passageiros de alta qualidade. Essa conquista representa um marco significativo na implementação e disseminação desta tecnologia a nível global.

Seu presidente, Huazhi Hu, formou-se em Ciência da Computação na Universidade Tsinghua em 1997 e logo após fundou uma empresa de tecnologia da informação. Esse engenheiro prático e visionário tornou-se um dos primeiros empreendedores chineses na década de 1990, durante a transição econômica do país.

Em junho de 2015, a EHang obteve seu primeiro US\$ 1 milhão de investidores. Uma campanha de financiamento coletivo no Indiegogo arrecadou mais US\$ 850.000 em novembro do mesmo ano, e outros US\$ 10 milhões foram captados alguns meses depois. Todos esses investimentos ocorreram em um período de oito meses. No ano seguinte, a EHang manteve seu crescimento exponencial e assegurou US\$ 42 milhões. Xiong destacou que angariar capital na China difere significativamente dos países ocidentais, na China, a reputação teria uma

importância muito maior do que no Ocidente, e está em jogo de maneira mais intensa do que nos países ocidentais.

A empresa se destacou pelo desenvolvimento de modelos de eVTOLs para as mais distintas propostas de valor: EHang 216 e EHang Falcon para transporte de passageiros intraurbano; EHang 216L para logística, podendo carregar até 220 kg; EHang 216H para suportar missões de evacuação médica e entrega de suprimentos médicos e EHang VT-30 para transporte de passageiros interurbano.

v. Eve Air Mobility

Trata-se de uma subsidiária da Embraer, nascida a partir da iniciativa Embraer-X, braço da Embraer voltado para a inovação e que atua como subsidiária nas mais distintas áreas, entre elas: Tempest – cybersegurança; Xrobots – drones para o agronegócio; Speedbird – drones de entrega; Embraer Ventures – fundo de investimento em *startups*, entre outras iniciativas.

A Eve pode ser classificada como uma *startup* sob diversas perspectivas. Isso se deve ao seu caráter inovador inerente, ao explorar novas tecnologias e mercados. Além disso, o modelo de negócios dos eVTOLs, em comparação com a aviação comercial e os veículos automotores (seus concorrentes diretos), é claramente disruptivo. Adicionalmente, o fato de a Eve ser uma empresa relativamente nova, fundada em outubro de 2020, reforça essa caracterização como uma *startup*. Entretanto, apesar de ser uma unidade de negócios independente, ela mantém uma forte ligação com a matriz, a Embraer, e compartilha recursos e conhecimentos técnicos com a empresa-mãe. Isso permite que a Embraer-X aproveite a experiência e a capacidade de engenharia da Embraer enquanto busca inovações em mobilidade aérea.

Segundo sua comunicação institucional, a Eve tem a missão de tornar o voo elétrico acessível a todos, com foco em soluções de mobilidade aérea urbana. A empresa busca desenvolver e operar eVTOLs para atender às crescentes demandas de transporte em áreas urbanas congestionadas.

Ela fez seu IPO (*Initial Public Offer*) em maio de 2022, no New York Stock Exchange e possuía uma captação de mercado de US\$ 2,2 bi no final de Setembro de 2023. Ademais, a empresa divulgou no seu *Earning Results Presentation*, em 8 de agosto de 2023, que possuía interesse de compra de 28 consumidores distintos em 14 países, totalizando um interesse de compra de 2.850 aeronaves, totalizando US\$ 8,6 bi.

vi. Joby Aviation

A Joby Aviation é uma empresa que traça sua origem até 2009, quando foi fundada por Joe Ben Bevirt. Inicialmente conhecida como Joby Energy, a empresa começou focada em tecnologias de energia renovável, especificamente aerogeradores. No entanto, em 2010, a Joby expandiu seu escopo para a aviação, explorando a promissora ideia de aeronaves elétricas de decolagem e pouso vertical (eVTOL).

Em 2012, a empresa consolidou seu compromisso com a mobilidade aérea urbana e começou a desenvolver eVTOLs com a visão de criar aeronaves elétricas silenciosas, eficientes e acessíveis.

À medida que avançava em sua jornada, a Joby captou investimentos substanciais, incluindo uma rodada liderada pela Toyota em 2017 (US\$ 394 mi). Essa injeção de capital destacou o crescente interesse na mobilidade aérea urbana. Em 2018, a empresa continuou aprimorando protótipos e estabeleceu parcerias estratégicas, incluindo uma colaboração com a Uber para integrar seus eVTOLs em uma planejada rede de táxis aéreos.

O ano de 2020 foi marcante para a Joby Aviation, que anunciou uma fusão com a Reinvent Technology Partners, uma empresa de aquisição de propósito específico (SPAC). Esse acordo, avaliado em vários bilhões de dólares, tornou a Joby uma empresa de capital aberto.

Em 2021, a Joby continuou seus esforços para obter certificação e comercializar suas aeronaves. A empresa permanece na vanguarda da busca por soluções inovadoras de transporte aéreo sustentável e acessível, representando um protagonista significativo no cenário em evolução da mobilidade aérea urbana.

vii. Lilium

A Lilium está criando um meio sustentável e acessível de transporte regional de alta velocidade para pessoas e mercadorias. Utilizando o Lilium Jet, um jato de decolagem e pouso vertical totalmente elétrico, oferecendo capacidade líder, baixo ruído e alto desempenho com zero emissões operacionais, a Lilium pretende contribuir com a descarbonização das viagens aéreas. Colabora com líderes da indústria aeroespacial, tecnologia e infraestrutura, e possui vendas anunciadas e indicações de interesse na Europa, Estados Unidos, China, Brasil, Reino Unido e Arábia Saudita. A equipe da Lilium, conta com mais de 800 membros, inclui aproximadamente 450 engenheiros aeroespaciais e uma equipe de liderança responsável pelo desenvolvimento de algumas das aeronaves mais bem-sucedidas na história da aviação.

Fundada em 2015, a sede e as instalações de fabricação da Lilium estão em Munique, Alemanha, com equipes distribuídas pela Europa e Estados Unidos.

Se destaca pelo desenvolvimento do primeiro modelo de mercado de eVTOL à jato, podendo alcançar velocidades de até 300 km/h e percorrer distâncias de até 200 km no seu lançamento, com previsão de alcance de até 500 km a longo prazo. Nasce, desta maneira, um novo mercado de eVTOLs executivos, para que distâncias maiores possam ser cobertas em um menor intervalo de tempo.

viii. SkyDrive

A SkyDrive, fundada em 2018 por Tomohiro Fukuzawa, é uma empresa japonesa de tecnologia aeroespacial focada no desenvolvimento de veículos aéreos elétricos de decolagem e pouso vertical (eVTOLs). Desde sua criação, a SkyDrive tem se destacado como uma das principais impulsionadoras da mobilidade aérea urbana, buscando oferecer soluções de transporte inovadoras para aliviar o congestionamento nas cidades. Em 2020, a empresa realizou com sucesso o primeiro voo tripulado de um protótipo de eVTOL (DS-03), marcando um marco significativo em sua jornada e reforçando seu compromisso com a criação de veículos aéreos seguros, eficientes e acessíveis para o transporte pessoal nas áreas urbanas.

O SkyDrive, seu modelo mais recente, já possui mais de 150 pré-ordens, como será posteriormente discutido, e pretende fazer sua estreia na EXPO 2025, em Osaka, Kansai, Japão. É uma estreia estratégica, que visa familiarizar o público japonês com a nova tecnologia que promete ser o futuro das locomoções urbanas (AAM – *Advanced Air Mobility*).

ix. Vertical Aerospace

Stephen Fitzpatrick fundou a Vertical Aerospace em Bristol (Reino Unido), em 2016, com o objetivo de descarbonizar as viagens aéreas, utilizando as melhores tecnologias provenientes das indústrias de aviação, energia e automotiva.

A Vertical trabalha em parceria com fornecedores e parceiros de renome mundial, como Rolls-Royce, Honeywell, Solvay, Leonardo, Molicel e GKN, para construir uma das aeronaves elétricas de decolagem e pouso vertical (eVTOL) mais avançadas do mundo - a VX4 - uma aeronave tripulada capaz de transportar quatro passageiros a até 320 km/h.

Embora a Vertical já tenha voado com dois protótipos anteriores, a empresa celebrou o "wheels up" com o VX4 pela primeira vez em setembro de 2022, quando concluiu com sucesso seu primeiro teste em voo. A expansão do envelope de testes de voo e a conquista de marcos adicionais de certificação estão previstas ainda para 2023, com o VX4 atingindo altitudes e velocidades mais elevadas.

A Vertical está listada na Bolsa de Valores de Nova York [NYSE: EVTL] e possui uma lista de encomendas ou compromissos de compra para mais de 1.700 aeronaves e que inclui clientes globais, a exemplo da AirAsia, American Airlines, Avolon, Japan Airlines, Marubeni e Virgin Atlantic.

x. Volocopter

A Volocopter, fundada em 2011 na Alemanha por Alexander Zosel e Stephen Wolf, é uma inovadora empresa que se destaca na construção de aeronaves baseadas na tecnologia de drones. Atualmente, conta com mais de 150 funcionários distribuídos em escritórios estratégicos em Bruchsal, Munique e Cingapura. Sob a liderança do CEO Florian Reuter, do CTO Jan-Hendrik Boelens e do CFO Rene Griemens, a Volocopter levantou US\$ 725 milhões, contando com investidores de peso como Daimler e Intel.

Especializada em aeronaves que podem transportar até duas pessoas, a empresa tem como missão proporcionar serviços de táxi aéreo sob demanda, tornando-os acessíveis e poupando o tempo precioso das pessoas ao conduzi-las com segurança até seus destinos desejados.

Em 2011, a Volocopter realizou o primeiro voo tripulado de um multicóptero elétrico, inaugurando uma era de inovação e desenvolvimento contínuo. Desde então, a empresa tem impressionado o público com inúmeros voos públicos de suas aeronaves, destacando-se especialmente em 2017, quando realizou um voo autônomo em Dubai em colaboração com a Administração Rodoviária e de Transportes local.

A linha de produtos da Volocopter inclui os protótipos voadores Volocopter VC1, VC2, VC200 e 2X. Em novembro de 2019, esses protótipos alcançaram coletivamente mais de 1.000 voos de teste, atestando a robustez e confiabilidade desses modelos. O mais recente e avançado é a aeronave multicóptero VoloCity eVTOL, que representa o primeiro modelo de produção em série da empresa, consolidando ainda mais sua posição como líder na vanguarda da inovação aérea.

xi. Wisk Aero

A Wisk Aero é uma empresa de aviação elétrica que surgiu como resultado de uma parceria entre a Boeing e a Kitty Hawk, fundada por Larry Page, cofundador da Google. A empresa foi oficialmente lançada em 2019, com o objetivo de desenvolver aeronaves elétricas autônomas e promover a mobilidade aérea urbana. Seu foco principal é criar aeronaves totalmente elétricas e autônomas projetadas para transportar passageiros de forma eficiente e sustentável em áreas urbanas congestionadas.

A empresa está atualmente na sexta geração das suas aeronaves, sendo que esta é a que pretendem comercializar. As gerações 4 e 5, suas predecessoras, já contavam com mais de 1300 voos teste (quantidade muito maior que os 70 realizados na terceira geração) e começaram a ser desenvolvidas em 2017.

3 METODOLOGIA

A abordagem metodológica empregada na elaboração deste estudo envolveu, inicialmente, a compilação de uma base de dados contendo todas as intenções formais de compra, seja por meio de pré-encomendas, cartas de intenção de compra ou até mesmo pagamentos antecipados dessas aeronaves. Para a coleta desses dados, foram empregadas as seguintes etapas: Mapear o site oficial de todas as desenvolvedoras, vendo as Notas à Imprensa (*Press Releases*) mais recentes e todas as notícias relacionadas (a partir de 2020);

1. Mapear o site oficial de todas as desenvolvedoras, buscando Notas à Imprensa (*Press Releases*) e demais notícias, iniciando-se a busca no ano de 2020;
2. Pesquisar todas as notícias presentes no site evtol.news, também desde 2020, que se referissem às empresas de interesse e contivessem ao menos uma das seguintes algumas palavras-chave: order, deal, sale, e book;
3. Percorrer notícias do site FlightGlobal.com, também desde 2020 e seguindo a mesma metodologia descrita acima;
4. Caso alguma venda fosse citada em algum *Press Release* mas não pudesse ser rastreada pelos passos 2 e 3, ainda havia uma pesquisa adicional na Internet para tentar encontrar fontes para mais detalhes.

Mapeadas as vendas, foi construída uma base de dados contando com as seguintes informações: data da notícia, desenvolvedora, modelo, quantidade vendida, empresa compradora, país de utilização, cliente e segmentação do cliente em algumas categorias

(aspecto a ser discutido posteriormente). Em adição, dados sobre autonomia, lugares e velocidade de cruzeiro dos veículos também foram reunidos.

Após esse levantamento, foram gerados gráficos para discutir estes resultados e foram mapeadas fontes confiáveis para traçar alguns paralelos com a aviação comercial destas vendas, conforme será discutido posteriormente.

4 ANÁLISES

Nesta seção discutiremos as intenções de compra de eVTOLs dos fabricantes selecionados e traçaremos paralelos com a aviação comercial, de forma a realizar alguma discussão sobre a evolução mundial destes números.

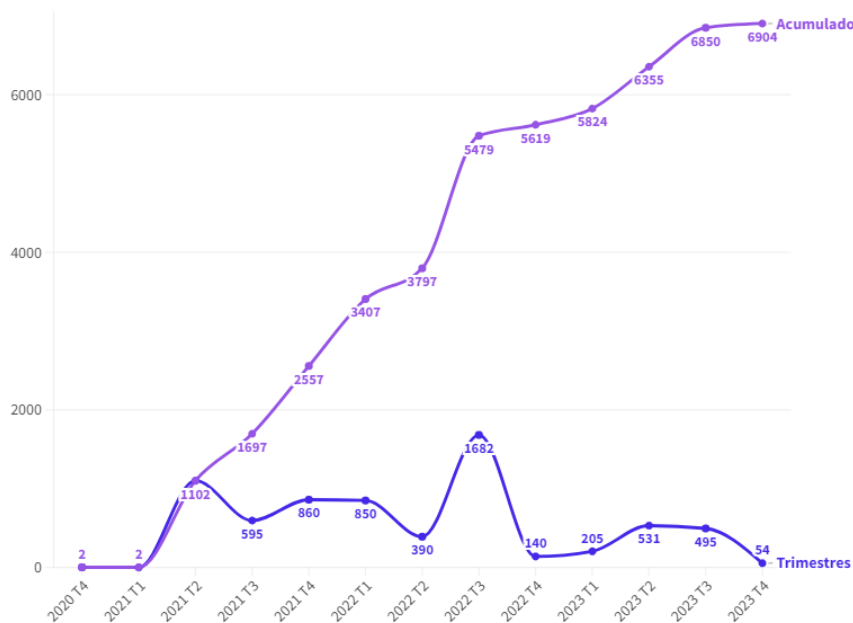
4.1 Vendas gerais

De acordo com o Gráfico 2, exibido abaixo, podemos ver a evolução da intenção de compra no tempo para os fabricantes selecionados mencionados anteriormente. Registram-se as datas das divulgações (isto é, de publicações em seus sites oficiais, como *Press Releases* ou mesmo fontes oficiais do mercado de eVTOLs), e pode-se ver o padrão de demanda crescente. Vale a pena destacar que há a demanda acumulada de vendas e a individual de cada trimestre.

Uma observação relevante é que os números apresentados são preliminares e foram incluídos neste levantamento considerando intenções de compra, acordos e cartas de interesse. Frequentemente, os acordos envolvem a aquisição de um conjunto de n aeronaves, com a opção de adicionar um conjunto suplementar de x aeronaves. Tomemos o acordo entre a Vertical Aerospace e a American Airlines como exemplo: nesse caso, foi estabelecido um pedido mínimo de 350 aeronaves, com a possibilidade de adicionar mais 100 à encomenda. Dessa forma, o número considerado para análise foi $n + x$ (pedidos formais + possíveis adicionais),

resultando em 450 aeronaves. Essa abordagem foi adotada, uma vez que os comunicados de imprensa das empresas frequentemente contemplam essas adições em suas divulgações.

Gráfico 2 - Pedidos de eVTOL em função do Tempo



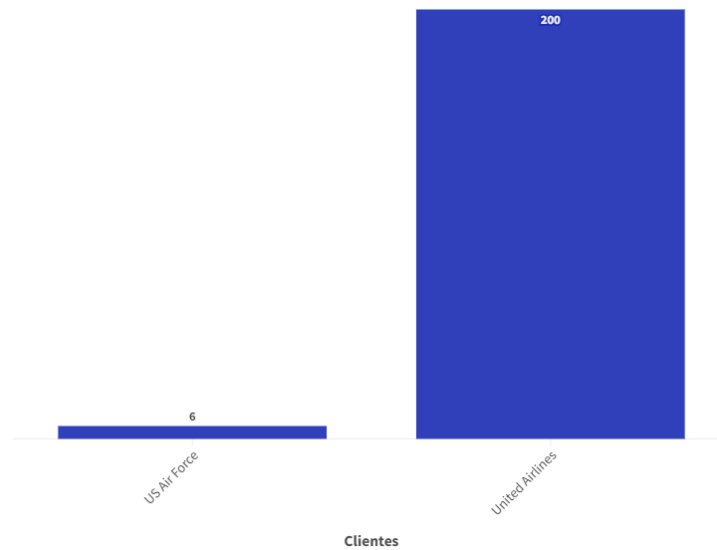
Fonte: Autor

O maior aumento de demanda ocorreu do 2º trimestre de 2022 para o 3º trimestre do mesmo ano, período em que houve um aumento de 431% em relação à demanda do quadrimestre anterior.

Passando-se para algumas considerações sobre os números levantados e dando agora ênfase separada a cada qual dos fabricantes, temos o que segue:

- Archer Aviation: não há em seu site ou qualquer outro canal de notícia mapeado o seu total de pedidos explícito, mas foi encontrada uma fonte, Alton Aviation Consultancy [79] que apontava que, no compilado de todos os pedidos de 2022, a Archer possuía apenas 200 pedidos. No mapeamento atual foram encontrados 206 pedidos, conduzindo a acreditar que o levantamento pode ter pedidos não rastreados ou não divulgados;

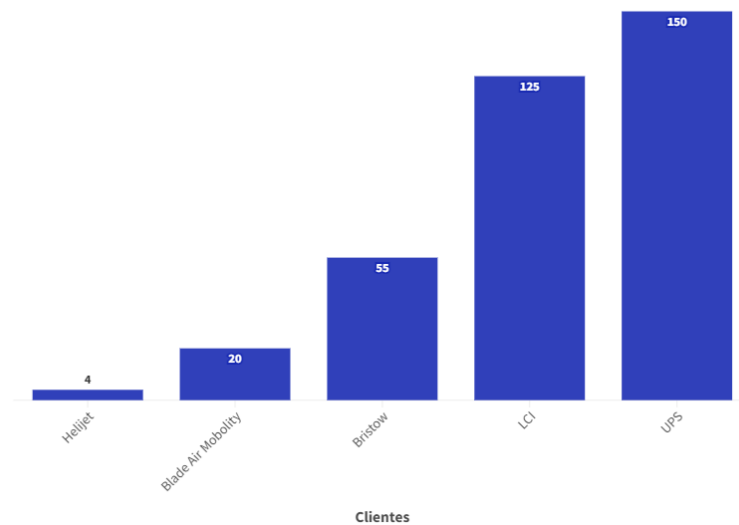
Gráfico 3 - Pedidos da Archer segmentados por cliente



Fonte: Autor

- AutoFlight: não há em seu site ou qualquer outro canal de notícia mapeado o seu total de pedidos explícito. No entanto, a mesma fonte utilizada no caso da Archer Aviation [79] relata que, ao final do ano de 2022, a AutoFlight já contava com 360 pedidos. No mapeamento atual foram encontrados apenas 205 pedidos pela EvFly, levando a acreditar que o mapeamento não tem grande representatividade para esta companhia;
- Beta Technologies: não há em seu site ou em qualquer outro canal de notícia mapeado o seu total de pedidos explícito. Porém, novamente a Alton Aviation Consultancy [79] encontrada cita que, até o final do ano de 2022, a Beta Technologies contava com 175 pedidos. No mapeamento atual foram encontrados 350 pedidos, levando a acreditar que a demanda encontrada tem uma boa representatividade;

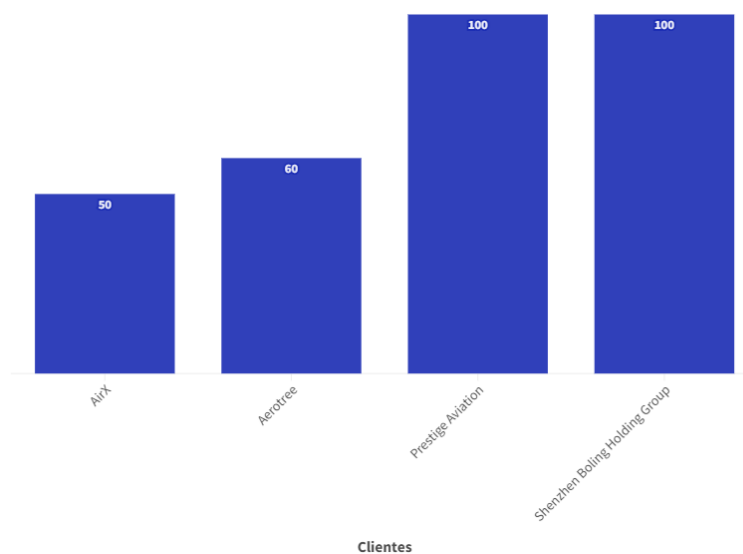
Gráfico 4 - Pedidos da Beta Technologies segmentados por cliente



Fonte: Autor

- Ehang: esta empresa afirma em sua EHang Third Quarter 2022 Conference Call Presentation [20] possuir 1200 pedidos, mas não especifica a identidade dos clientes. Na metodologia adotada, apenas 310 destes pedidos puderam ser rastreados a partir do levantamento de informações. Todavia, vale a pena destacar que existem fontes, como a Hindenburg Research [63], que apontam que o número apontado pela fabricante (1200) está inflado com acordos que já foram desfeitos;

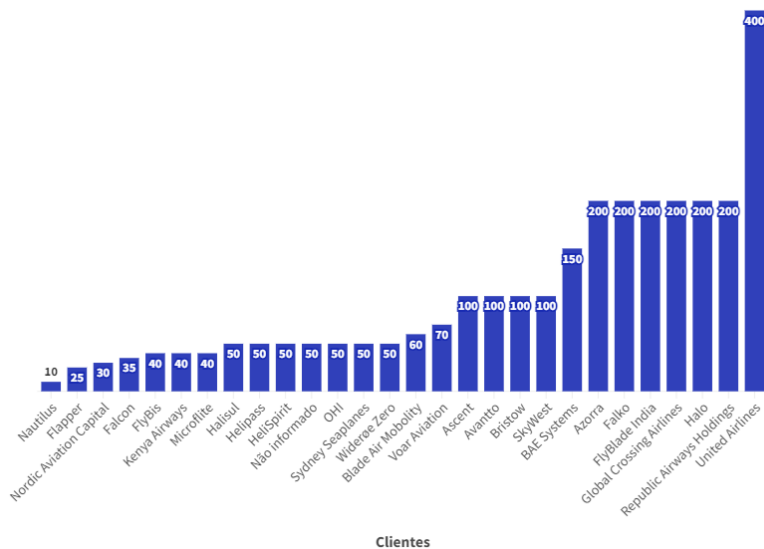
Gráfico 5 - Pedidos da Ehang segmentados por cliente



Fonte: Autor

- Eve Air Mobility: esta companhia especifica na sua Earnings Results Presentation Q3 2023 [22] que possui 2850 pedidos. Note-se que quase todos puderam ser rastreados em notícias recentes, com exceção de 50 pedidos que são intitulados como não divulgados no documento;

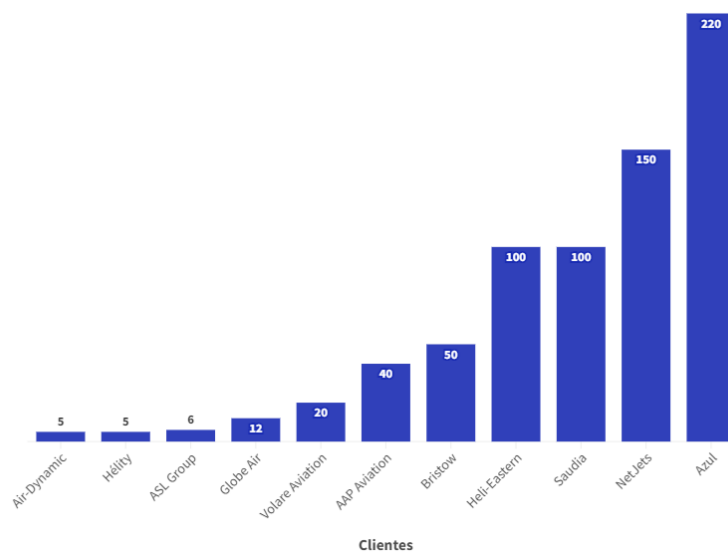
Gráfico 6 – Pedidos da Eve segmentados por cliente



Fonte: Autor

- Joby Aviation: não houve divulgação oficial de suas vendas e foram encontradas apenas 9 vendas para a US Air Force de acordo com a metodologia adotada;
- Lilium: esta empresa especifica no Sharehold Letter Q2 2023 [78] que possui 708 pedidos e todos puderam ser rastreados em notícias recentes;

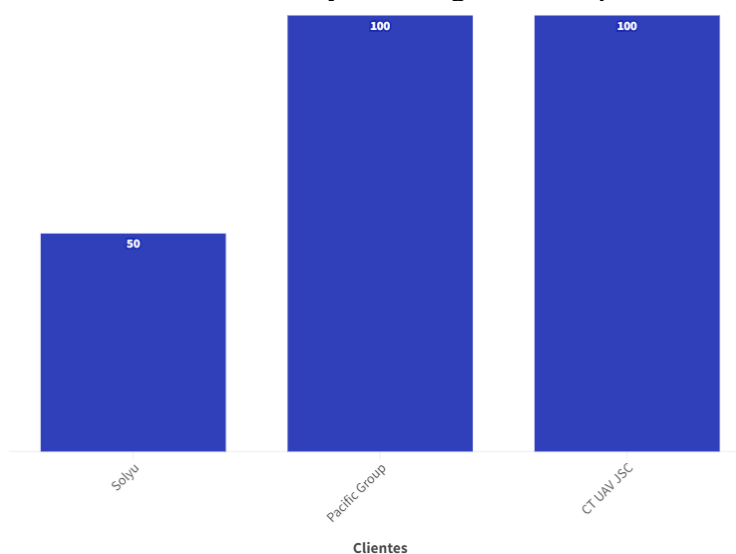
Gráfico 7 – Pedidos da Lilium segmentados por cliente



Fonte: Autor

- SkyDrive: não há em seu site e nem em qualquer outro canal de notícia mapeado o seu total de pedidos explícito. No entanto, a fonte Alton Aviation Consultancy [79] que havia feito um compilado de todos os pedidos de 2022 e apontava a SkyDrive com apenas 10 pedidos. Já no mapeamento atual foram encontrados 250 pedidos, levando a acreditar que a grande maioria das vendas começou a ocorrer em 2023;

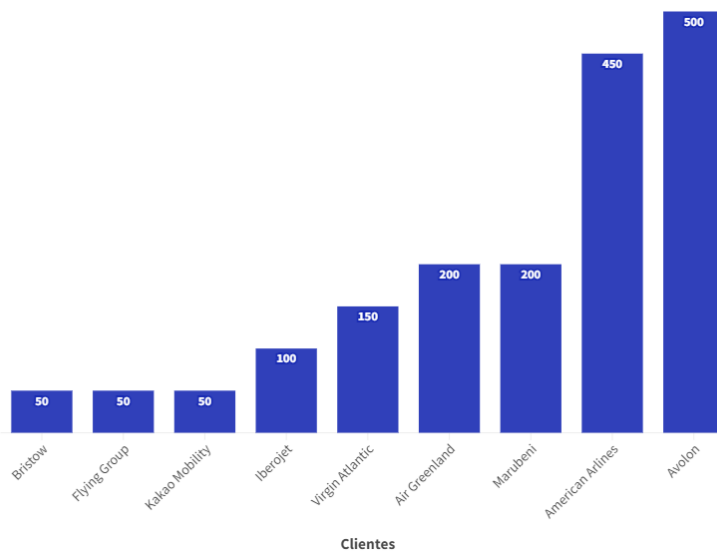
Gráfico 8 – Pedidos da SkyDrive segmentados por cliente



Fonte: Autor

- Vertical Aerospace: esta empresa especifica em seu Sharehold Letter Q2 2023 [90] que possui 1500 pedidos. Já na Sharehold Letter Q3 2023 [91] não há menção das encomendas, mas neste estudo foram mapeadas 1750 pré-ordens;

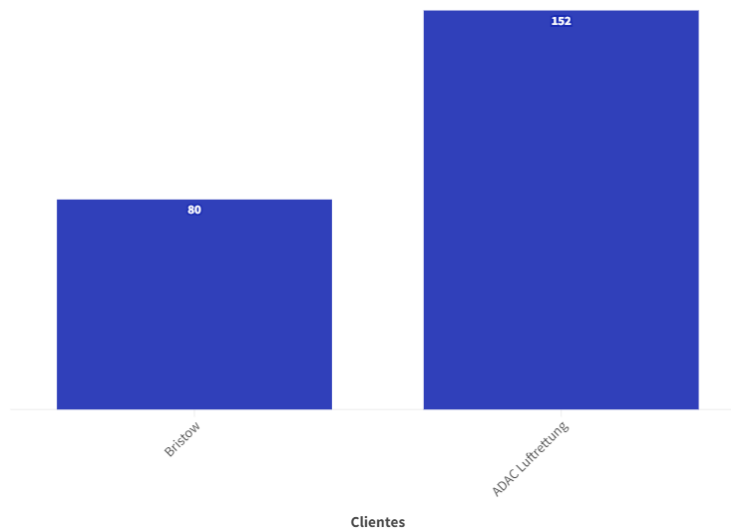
Gráfico 9 – Pedidos da Vertical Aerospace segmentados por cliente



Fonte: Autor

- Volocopter: não há em seu site ou em qualquer outro canal de notícia mapeado o seu total de pedidos explicitado. Porém, a Alton Aviation Consultancy [79] apontava que, até o final de 2022, a Volocopter possuía pedidos para 260 pedidos. No mapeamento atual foram encontrados apenas 232 pedidos, levando a acreditar que a demanda identificada tem uma boa representatividade, mas possivelmente existem vendas não rastreadas;

Gráfico 10 – Pedidos da Volocopter segmentados por cliente



Fonte: Autor

- Wisk Aero: para esta empresa, aparentemente não há a divulgação oficial de suas vendas. De acordo com o método utilizado neste estudo foram encontradas apenas 30 vendas para a Blade Air Mobility, mas não foi encontrada uma fonte confiável para validar estes números.

4.2 Segmentação dos Clientes

Com estes números brutos levantados, pode-se então agrupar as companhias que estão encomendando estes eVTOLs em distintos segmentos e analisar como tais vendas estão distribuídas. Para o efeito, optou-se por utilizar uma nomenclatura similar à utilizada pela Eve Air Mobility no seu Earnings Release 3Q 2023 [22], no qual os clientes estão segmentados como segue (com exceção do grupo “Outros”, que enquadra demais clientes).

- *Airline* (Empresa aérea): uma empresa que opera serviços regulares de transporte de passageiros e/ou mercadorias em aeronaves. Esta modalidade conta com as empresas abaixo e é responsável por 2415 (34,83%) das encomendas:
 - Air Greenland;
 - American Airlines;
 - Azul;
 - Global Crossing Airlines;
 - Hélicity;

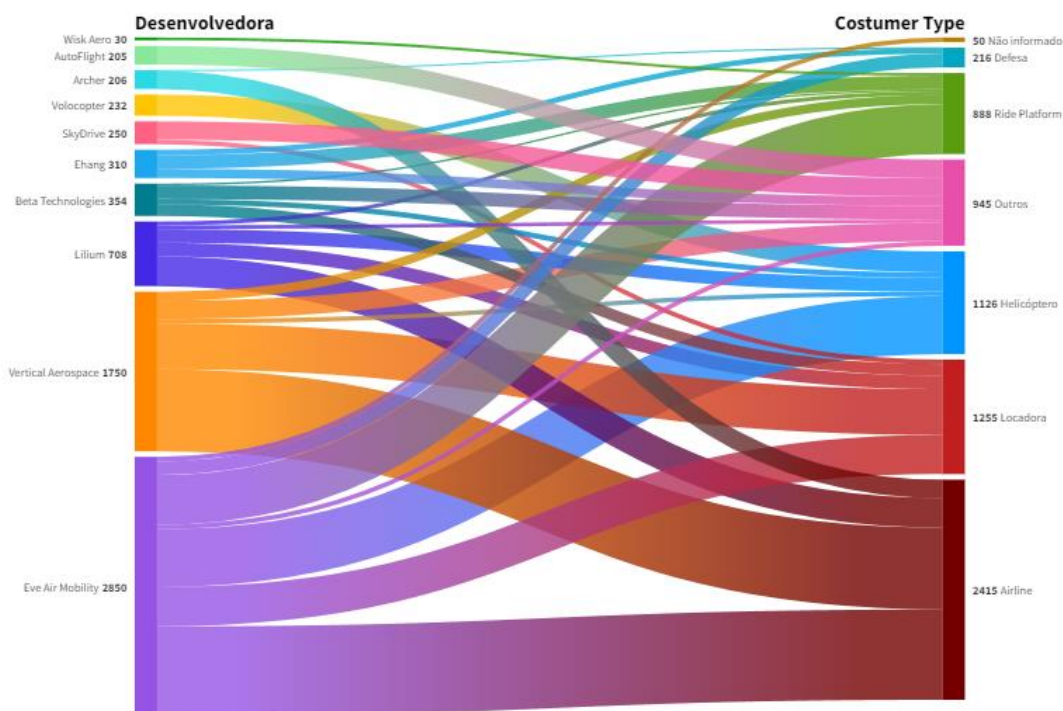
- Iberojet;
 - Kenya Airways.
 - Republic Airways Holdings;
 - Saudia;
 - SkyWest;
 - United Airlines;
 - Virgin Atlantic;
 - Widerøe Zero;
- *Lessor* (Locadora): empresa que mobiliza um acordo legal para uma pessoa ou organização pagar pelo uso de uma aeronave por um determinado período de tempo. Modalidade conta com as empresas abaixo e é responsável por 1255 (18,10%) das encomendas:
 - Avolon;
 - Azorra;
 - Falko;
 - LCI;
 - NetJets;
 - Nordic Aviation Capital;
 - Solyu.
- Operador de helicóptero: esta modalidade agrupa as empresas que operam helicópteros, podendo estes ser utilizados para voos executivos, turismo, segurança ou EMS (*Emergency Medical Service*). Esta modalidade conta com as empresas abaixo e é responsável por 1126 (16,24%) das encomendas:
 - ADAC Luftrettung;
 - Avantto;
 - Bristow;
 - Falcon;
 - Halisul;
 - Halo;
 - Heli-Eastern;
 - Helijet;
 - HeliSpirit;
 - Microflite;

- Nautilus;
- Sydney Seaplanes.
- Outros: segmento que agrupa companhias que não se encaixam nas definições anteriores, o que inclui empresas de logística, *trading*, *brokerage*, conglomerados privados multisetoriais e empresas que operam em mais de uma das modalidades. Esta modalidade conta com as empresas abaixo e é responsável por 945 (13,63%) das encomendas:
 - AAP Aviation;
 - CT UAV JSC;
 - EvFly;
 - Marubeni;
 - OHI;
 - Pacific Group;
 - Shenzhen Boling Holding Group;
 - UPS.
- *Ride Platform*: nesta modalidade não há uma definição específica, mas incluem-se empresas em que oferecem a possibilidade de se fretarem aeronaves inteiras (ou apenas assentos) com datas e destinos específicos. Tal modalidade conta com as empresas abaixo e é responsável por 888 (12,81%) das encomendas:
 - Air-Dynamic;
 - AirX;
 - Ascent;
 - ASL Group;
 - Blade Air Mobility;
 - Flapper;
 - FlyBis;
 - FlyBlade India;
 - Flying Group;
 - Globe Air;
 - Helipass;
 - Kakao Mobility;
 - Prestige Aviation;
 - Voar Aviation;

- Volare Aviation.
- Defesa: nesta categoria reúnem-se entidades cuja atividade central se caracteriza por treinamentos e desenvolvimento de tecnologias de defesa. Nesta modalidade, contam-se as empresas abaixo e é responsável por 225 (3,24%) das encomendas:
 - Aerotree;
 - BAE Systems;
 - US Air Force.
- Não especificado: aqui incluem-se vendas confirmadas pelos fabricantes, mas sem que tenha havido divulgação formal do comprador. Esta modalidade conta com apenas 50 (0,72%) encomendas.

Abaixo, por meio do Gráfico 11, segue a segmentação das encomendas nas modalidades acima descritas.

Gráfico 11 – Segmentação dos clientes



Fonte: Autor

Uma primeira observação interessante é que a proposta de atuação dos eVTOLs, em sua grande maioria, é a de taxi aéreo, o que seria análogo a atuação de Ride Platform ou da grande maioria das empresas de Helicóptero, isto é, em que o consumidor paga por uma viagem com destino e horário personalizados, o que representaria, no total, 2014 (29,05 %) pedidos. As

empresas Locadoras também não necessitam nenhuma grande alteração comercial para operar com os eVTOLs, uma vez que não são responsáveis pela operação destas aeronaves. Estes números representam que 52,9% dos pedidos (exceto os feitos por Locadoras, Operadoras de Helicópteros e *Ride Platforms*) vão exigir que as empresas operem de uma maneira diferente das suas atividades principais para utilizar estes eVTOLs. *Airlines*, por exemplo, terão que ofertar uma viagem de *last mile* personalizada para passageiros que quiserem completar o trajeto à sua casa ou até outros aeroportos, empresas de Defesa terão que regulamentar estas aeronaves para operações específicas e, por fim, as empresas caracterizadas como Outras ainda é difícil estimar como pretendem operar estas aeronaves.

Partindo para observações relacionadas ao segmento de defesa, tem-se que das 225 compras relacionadas à Defesa apenas 15 foram para os EUA, sendo as demais 60 para a Malásia e 150 para o Reino Unido. Trata-se de um dado um tanto estranho e que deve indicar ainda se tratar de uma conformação preliminar, pois, segundo dados do The Military Balance da IISS (The International Institute for Strategic Studies) [64] e 2022, em 2021 os EUA eram o país que mais gastava com Defesa (US\$ 754 bi), valor muito próximo da soma do 2º ao 15º lugar (US\$ 800 bi). Mas este mesmo levantamento apontava o Reino Unido como terceiro lugar, com US\$ 71,6 bi gastos com defesa, o que é muito alinhado com os números levantados, sendo o Reino Unido o que mais adquiriu eVTOLs por empresas de Defesa. A Malásia não aparece entre as 15 nações que mais investem em Defesa neste levantamento.

Outra observação interessante, desta vez relacionada à perspectiva do fabricante, tem-se que a Eve Air Mobility possui encomendas em todas as modalidades mencionadas, possuindo, além do maior portfólio de encomendas, também o mais diversificado.

Ainda no corte de empresa, tem-se que a Vertical Aerospace e a Lilium possuem, respectivamente, o segundo e terceiro maior número de encomendas e também venderam para todas as modalidades, com exceção de Defesa.

De todas as empresas fabricantes mapeadas, apenas quatro venderam para empresas aéreas: Eve Air Mobility, Vertical Aerospace, Archer e Lilium. Apesar de a proposta de atuação como taxi aéreo não ser a mesma daquela apresentada por uma empresa aérea, elas ainda podem se fazer úteis como um ramo secundário destas grandes empresas e é razoável esperar que mais aquisições sejam feitas conforme a homologação destas aeronaves avancem.

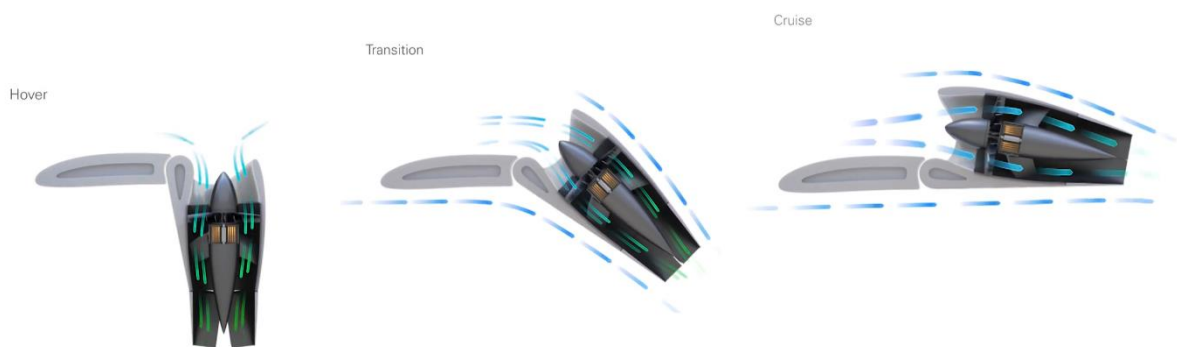
4.3 Segmentação por *Design Philosophy*

Nesta subseção vamos elencar algumas características dos modelos propostos pelas fabricantes analisadas, como velocidade de cruzeiro, autonomia, lugares e *Design Philosophy*.

De forma geral, pode-se agrupar as escolhas de design das aeronaves em três categorias:

1. *Vectored Thrust*: é a capacidade de uma aeronave de manipular a direção do empuxo dos motores para controlar a atitude e velocidade angular do veículo;

Figura 3 – Vectored Thrust do Lilium Jet



Fonte: site oficial da Lilium

As empresas que estão propondo eVTOLs com configuração Vectored Thrust são:

- Vertical Aerospace, com o modelo VA-X4 (1.750 pedidos);
- Lillium, com o modelo Lilium Jet (708 pedidos);
- Wisk Aero, com o modelo Generation 6 (30 pedidos);
- Joby, com o modelo Joby S4 (9 pedidos).

2. *Multirotor*: design 2. em que as aeronaves não têm asas, ou então têm asas muito pequenas. Há a utilização de hélices ou propulsores descendentes para se impulsionarem, e as aeronaves baseiam suas manobras na mudança de rotações de um ou mais rotores;

Figura 4 – Multirotor da Volocopter - Velocity



Fonte: site oficial da Volocopter

As empresas que estão propondo eVTOLs com configuração *Multirotor* são:

- SkyDrive, com os modelos SkyDrive (150 pedidos) e SD-05 (100 pedidos);
- Volocopter, com o modelo Velocity (232 pedidos).

3. *Lift + cruise*: Nessa configuração existem diferentes maneiras pelas quais essas aeronaves podem gerar impulso para frente. Uma possibilidade é simplesmente girar todo o veículo como multirotores padrão, mas isso diminuiria o ângulo de ataque e reduziria a sustentação gerada pela asa. Assim, outra possibilidade é ter algum ângulo nos rotores fixos, para que possam gerar impulso para frente ao mesmo tempo em que geram sustentação.

Figura 5 - Lift + cruise da Wisk Aero – Generation 6



Fonte: site oficial da Wisk Aero

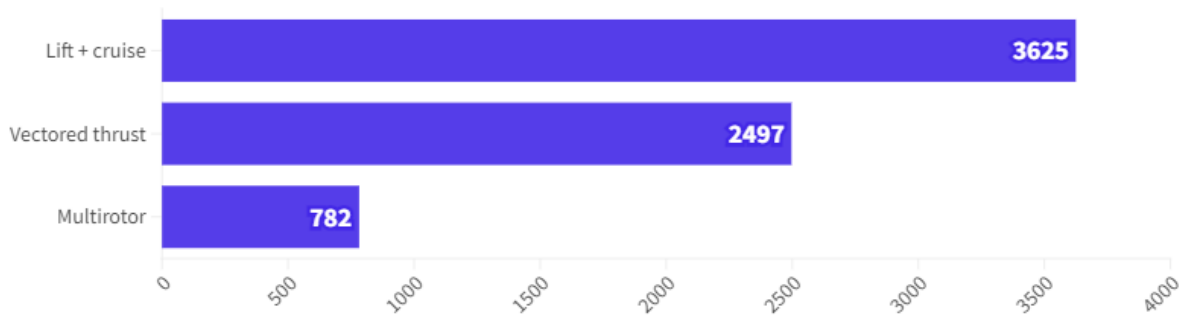
As empresas que estão propondo eVTOLs com configuração Lift + Cruise são:

- Eve Air Mobility, com o modelo Eve (2.850 pedidos);
- Beta Technologies, com o modelo Alia 250 (354 pedidos);
- EHang, com o modelo VT-30 (10 pedidos);
- Archer, com o modelo Midnight (206 pedidos);
- AutoFlight, com os modelos³ Prosperity Cargo (102,5) e Prosperity I (102,5);

Com esta apresentação realizada, o Gráfico 12, abaixo, ilustra a divisão dos pedidos por Design Philosophy.

³ Número de vendas encontra-se fracionado, pois na notícia [60] de uma venda apenas especificava a intenção de compra de 205 eVTOLs Prosperity Cargo e Prosperity I, não especificando quantas unidades se refeririam a cada um dos veículos. A opção foi no sentido de dividir as intenções igualmente entre os dois modelos.

Gráfico 12 – Segmentação de pedidos em *Design Philosophy*



Fonte: Autor

O Gráfico 12 mostra que a maioria das vendas é de aeronaves com a configuração Lift + Cruise (52,50%). Apesar de, dentre os modelos possíveis mapeados (14 modelos distintos de eVTOL), apenas 6 possuem esta configuração (42,86%), nota-se uma preferência de mercado desta configuração sobre as demais.

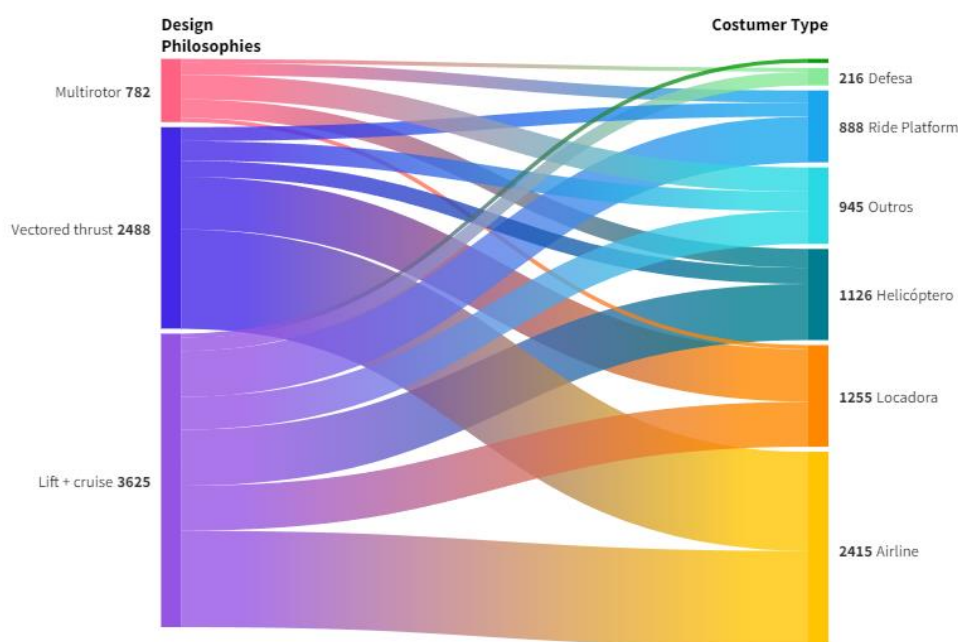
Qual seria a origem desta preferência? Nota-se que as aeronaves com esta configuração possuem, em média⁴, maior autonomia (246 km), enquanto ao Design Philosophy Vectored Thrust e Multirotor possuem, respectivamente, 199 km e 30 km. Por possuírem uma configuração aerodinâmica específica para a decolagem e o pouso vertical, e outra dedicada ao voo de cruzeiro, há uma esperada otimização de eficiência.

Outra análise que se faz interessante quanto a Design Philosophy, é a sua distribuição por clientes específicos, por meio de uma visualização semelhante à feita em relação às desenvolvedoras na seção 4.2.

O Gráfico 13 ilustra tal distribuição:

⁴ Médias realizadas utilizando as especificações divulgadas pelas fabricantes das aeronaves mapeadas.

Gráfico 13 – Segmentação de *Design Philosophy* por clientes



Fonte: Autor

Percebe-se que o desenho Lift + Cruise, modelo mais vendido, apresenta vendas para todos os clientes de maneira muito similar (com uma predominância a Airlines), contando com 1190 pedidos para *Airlines* (32,8%), 694 para Operadoras de Helicóptero (19,1%), 555 para Locadoras (15,3%), 565 para *Ride Platform* (15,6%), 405 (11,2%) para Outros, 216 (6%) para Defesa e 50 Não informados (1%)..

Nota-se, assim, tratar-se de um modelo que está sendo adquirido por toda a gama de clientes mapeados. É razoável supor ele presente, por exemplo, uma relação custo-benefício favorável em relação aos demais modelos, uma vez que possui velocidade de cruzeiro e autonomia muito próximas ao da configuração mais rápida, que seria Vectored Thrust, além de um valor consideravelmente menor de aquisição, conforme também será apresentado adiante.

Os modelos Vectored Thrust, por outro lado, apresentam vendas para todos os tipos de cliente, com exceção de Defesa. A distribuição deu-se como segue: 1225 pedidos para *Airlines* (49,2%), 650 para Locadoras (26,1%), 240 (9,6%) para Outros, 200 para Operadoras de Helicóptero (8,0%), 173 para *Ride Platform* (6,9%) e zero para Defesa.

Tendo em vista que é a configuração mais cara, como será mostrado na subseção 4.3.1, espera-se um uso mais executivo, o que pode explicar a ausência deste tipo de aeronave para propósitos de Defesa e com um número superior de vendas a *Airlines*, mas também muito bem distribuído às demais modalidades. É de se esperar que suas vendas sejam menores que as de

Lift + cruise por ser uma aeronave mais cara, mas que e possivelmente será destinada a ofertar serviços *premium*.

Por fim, os modelos Multirotores apresentam vendas para todas as modalidades, com exceção de Airlines, o que é um fato curioso, por se tratar da aeronave mais acessível perante as configurações analisadas. É verossímil crer que isto se deva ao fato de sua autonomia e velocidade serem consideravelmente menores que as demais configurações. Suas vendas se dividem como segue: 300 pedidos para Outros (38,4%), 232 para Operadoras de Helicóptero (29,7%), 150 para *Ride Platform* (19,2%), 50 para Defesa e Locadora (6,4%).

A grande maioria dos seus pedidos não se enquadra na mesma divisão dos demais, possivelmente sendo esperado um grupo de clientes distintos das demais. Com sua baixa autonomia é esperada para operações de curto alcance, como turismo e deslocamentos intraurbanos curtos.

4.3.1 Comparativo de custos de aquisição

Podemos analisar o custo de aquisição de eVTOLs de acordo com o Design Philosophy, e verificar se o custo de aquisição é muito distinto entre diferentes configurações. Alguns custos de aquisição ainda não são públicos, mas já há alguma informação divulgada sobre o assunto.

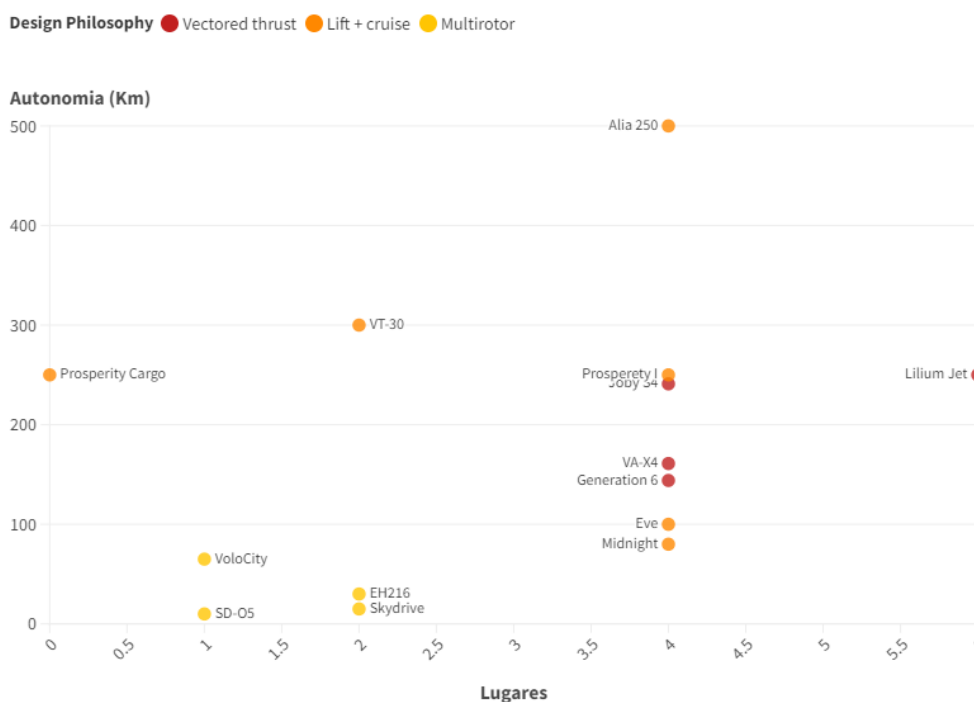
- *Lift + Cruise*: o valor médio encontrado foi de US\$ 2,2 milhões, embora variem de fabricante a fabricante. O mais barato é o Prosperity 1 da AutoFlight, com valor estimado de venda de US\$ 150 mil [48]; o Midnight, da Archer, pretende ser vendido a US\$ 2 milhões [55]; o modelo da Eve, custando US\$ 3 milhões [22] e, por fim, o modelo mais caro é o da Beta Technologies, o Alia 250, estimado em US\$ 4 milhões [59].
- *Vectored Thrust*: o valor médio de preço encontrado foi de US\$ 5,1 milhões. O modelo mais acessível é o Joby S4, a US\$ 1,4 milhões [49]; representando um valor intermediário, há o VA-X4, da Vertical Aerospace, custando US\$ 4 milhões e [57], o modelo mais caro encontrado é o Lilium Jet, com um custo de US\$ 10 milhões [54].
- Multirotor: valor médio encontrado foi de US\$ 900 mil, o menor entre as configurações. O menor valor encontrado foi o da EHang, com o seu modelo EH216 custando apenas US\$ 300 mil. Além dele, há o modelo da SkyDrive, com valor menor, o SD-05 [85], custando US\$ 1,5 milhões a unidade.

Nota-se que a preferência não é exclusiva do preço, uma vez que o modelo mais acessível não é necessariamente o mais barato, mas sim o *Lift + Cruise*, que possui valor intermediário. É razoável supor que a preferência tenha também relação com desempenho, como será discutido adiante.

4.3.2 Influência sobre a autonomia

A análise conjunta acerca de alguns parâmetros técnicos pode lançar luz para a compreensão das escolhas que estão sendo realizadas pelos clientes. O Gráfico 14 ilustra uma relação importante entre *design philosophy*, capacidade de passageiros e alcance.

Gráfico 14 - Influência do *Design Philosophy* sobre as autonomias



Fonte: Autor

Nota-se que as aeronaves multirotoras possuem autonomias inferiores a 65 km, com apenas 30 km em média, conforme apontado anteriormente no Gráfico 14. Podemos considerar que estas aeronaves podem apenas ofertar viagens intraurbanas, como traslado entre aeroportos, helipontos, hotéis, etc. Entretanto, aeronaves com a configuração dos demais tipos possuem autonomias, em média, maiores do que 200 km, possibilitando que atuem também em deslocamentos interurbanos ou como EMS (*Emergency Medical Services*), sendo, portanto, modalidades mais versáteis.

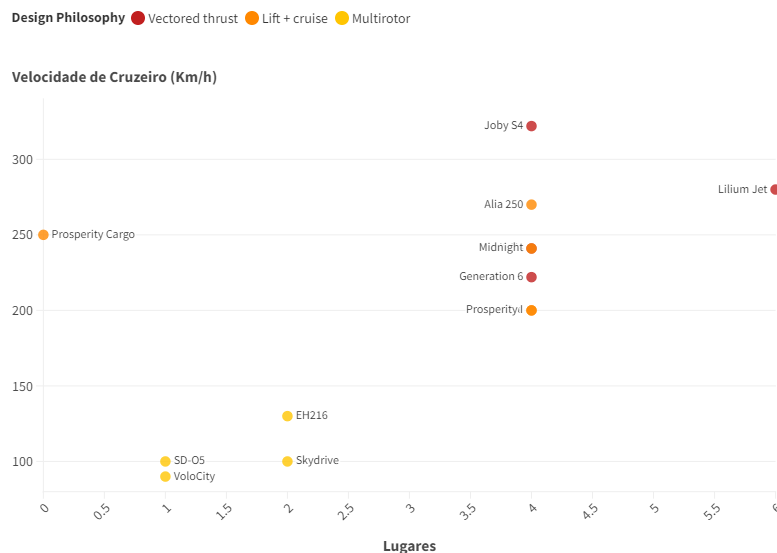
Percebe-se, também, que os multirotores possuem em sua configuração, um ou dois lugares apenas, sendo um meio de transporte para viagens de curta duração e de transporte executivo. Já as aeronaves dos tipos *Lift + cruise* e *Vectored Thrust* possuem, em sua maioria, possibilidade de transladar, além de maiores distâncias, um maior número de passageiros, com 4 assentos sendo a configuração mais comum.

Observa-se, assim, que os multirotores apresentam uma autonomia operacional mais reduzida e uma capacidade de assentos mais limitada em comparação com outras configurações. Nesse contexto, evidencia-se uma inclinação em direção a aeronaves que oferecem um equilíbrio, com valores intermediários, mas proporcionam maior autonomia e capacidade de assentos. Isso permitiria um portfólio mais abrangente de operações.

4.3.3 Influência sobre a velocidade de cruzeiro

Ainda com o intuito de se analisarem aspectos técnicos, o Gráfico 15 ilustra uma relação importante entre *design philosophy*, capacidade de passageiros e velocidade

Gráfico 15 - Influência do *Design Philosophy* sobre as velocidades de cruzeiro

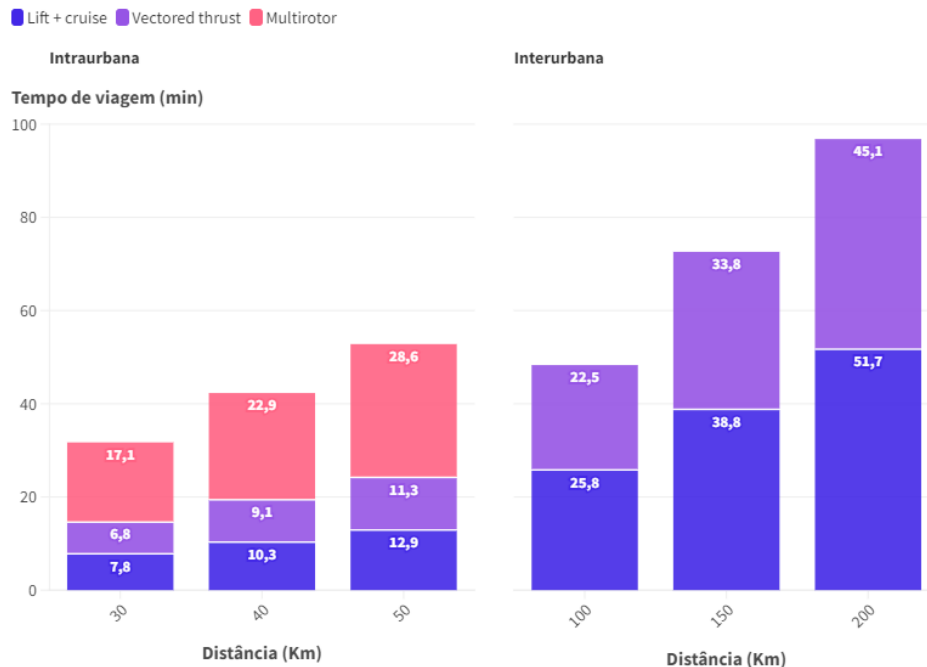


Fonte: Autor

Nota-se que as velocidades de cruzeiro dos modelos multirotores tendem a ser menores, implicando em viagens mais longas (supondo a existência de autonomia de voo, é claro). Pela velocidade de cruzeiro média de cada configuração, podemos estimar tempos de viagens para diferentes distâncias. Vale ressaltar que nesta comparação simplificada os tempos de decolagem e pouso estão sendo desconsiderados.

O Gráfico 16 abaixo exibe a estimativa do tempo médio, em minutos, para diferentes jornadas:

Gráfico 16 – Influência do *Design Philosophy* sobre diferentes distâncias



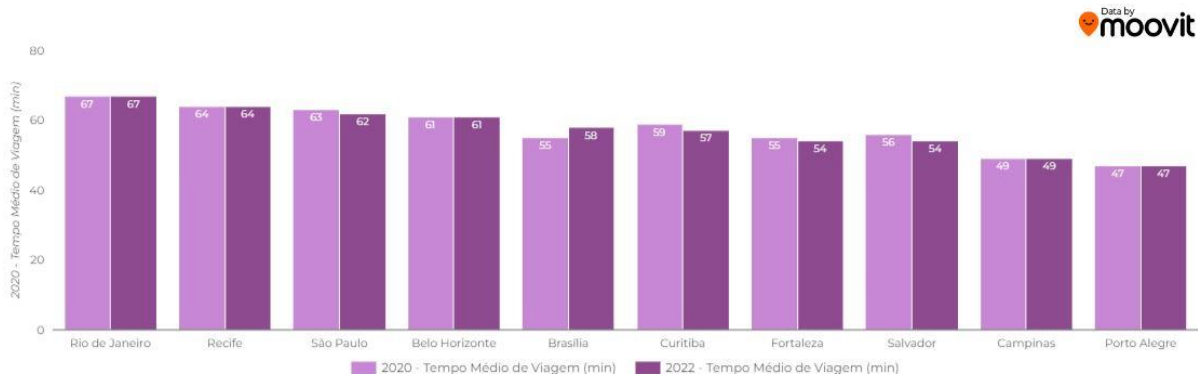
Fonte: Autor

Na elaboração do Gráfico 16, considerou-se que viagens de até 50 km seriam classificadas como intraurbanas, ao passo que viagens acima de 100 km seriam interurbanas. Não foram considerados tempos de multirotores acima de 50 km, pois a autonomia máxima encontrada foi de 65 km.

Com estes dados, pode-se, por exemplo, comparar o tempo médio de viagens de modalidades concorrentes aos eVTOLs.

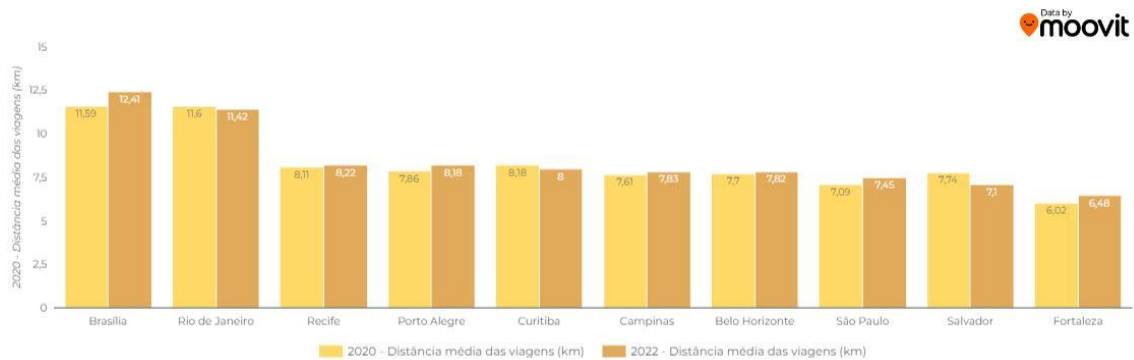
Moovit (empresa israelense de mobilidade como serviço) elaborou, em 2022, o Relatório Global Sobre o Transporte Público 2022 [80], demonstrando as distâncias percorridas e tempo despendido em jornadas diárias em diferentes países e cidades. Pode-se comparar o tempo gasto em viagens com o transporte público com o que seria necessário com um eVTOL. Para fins de comparação, atemo-nos às cidades de São Paulo e Rio de Janeiro. Os Gráficos 17 e 18 exibem o tempo médio de viagem e a distância média percorridas em algumas cidades do Brasil segundo o Relatório Global Moovit citado.

Gráfico 17 - Tempo médio de viagem no Brasil (2020 e 2022)



Fonte: Relatório Global Moovit sobre Transporte Público 2022

Gráfico 18 - Distâncias médias de viagem no Brasil (2020 e 2022)



Fonte: Relatório Global Moovit sobre Transporte Público 2022

Pode-se notar que em São Paulo percorre-se diariamente uma viagem de extensão média de 7,45 km em 2022, em um tempo médio de 62 minutos, enquanto no Rio de Janeiro percorre-se, em média, 11,42 km em um tempo médio de 67 minutos. Estas mesmas distâncias poderiam ser percorridas nos seguintes tempos, de acordo com diferentes *Design Philosophys*:

- *Vectored thrust*: 1,9 minutos em São Paulo e 3,0 minutos no Rio de Janeiro;
- *Lift + cruise*: 1,7 minutos em São Paulo e 2,6 minutos no Rio de Janeiro;
- *Multirotor*: 4,3 minutos em São Paulo e 6,5 minutos no Rio de Janeiro.

Nota-se, então, ainda que de forma simples, a eficiência que eVTOLs poderiam proporcionar para o transporte público na mobilidade urbana.

Outra comparação interessante ocorre quando se levanta o tempo despendido por carros. E para isso utiliza-se o Google Maps, ferramenta que oferece a funcionalidade de estimar o tempo de deslocamento em viagens. A título de exemplo, tome-se um percurso na cidade de São Paulo, partindo de um complexo comercial com heliponto, o Birmann B32, localizado na Av. Brigadeiro Faria Lima, com destino ao Aeroporto de Guarulhos. Em um trajeto de 27,7 km,

a estimativa de tempo de viagem em automóvel é de 1 hora e 14 minutos (calculado às 19h20min de uma quarta-feira). No entanto, em períodos de pico, esse tempo pode se estender para até 2 horas e 50 minutos, conforme indicado pelo Google Maps.

Comparando tal informação com o tempo de viagem estimado considerando as velocidades de cruzeiro médias das diferentes configurações de acordo com o Design Philosophy, tem-se o quadro que segue:

- *Vectored thrust*: 6,2 minutos;
- *Lift + cruise*: 7,2 minutos;
- *Multirotor*: 15,8 minutos.

Assim, o eVTOL emerge como uma opção notavelmente mais rápida do que o automóvel em viagens dentro da cidade, especialmente em grandes metrópoles ou megalópoles, como São Paulo.

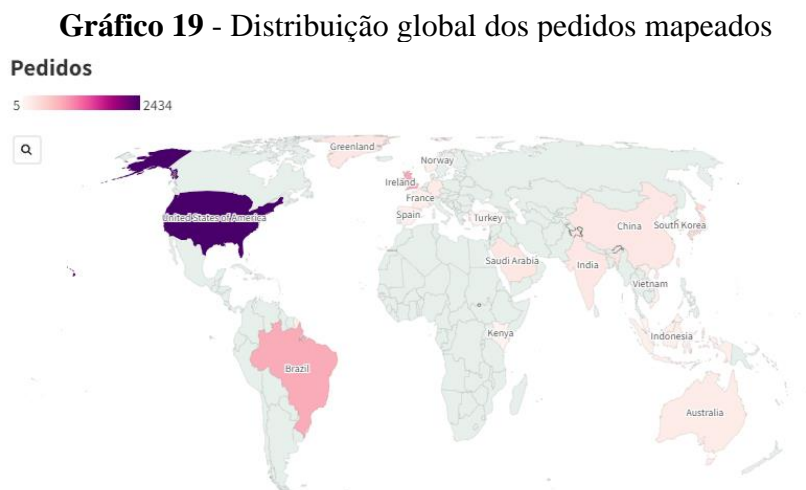
Nota-se, mais uma vez, que as aeronaves do tipo multirotor, além de uma autonomia menor, possuem também velocidades inferiores. Mais uma vez faz-se coerente, tendo em vista que as velocidades de cruzeiro das configurações *Lift + cruise* e *Vectored Thrust* são similares, que o mercado aponte em direção à escolha daquela que possui um preço médio menor, como é o caso da configuração *Lift + cruise* discutido anteriormente.

Um aspecto que enriqueceria a conclusão desta discussão sobre a *Design Philosophy* seria a consideração do tempo de recarga das baterias, revelando-se um tópico intrigante para estimar o uso diário operacional dessas aeronaves. No entanto, após uma análise mais aprofundada, verifica-se que o tempo de recarga não se configura como um fator crucial para essa avaliação. Isso se deve ao fato de que algumas destas aeronaves possuem a capacidade de realizar a troca de bateria, permitindo que continuem operando até que a bateria em uso seja completamente esgotada. Após essa etapa, podem efetuar a substituição e retomar o serviço, enquanto a bateria anterior está sendo recarregada.

Tal argumento pode ser ilustrado como segue: o modelo Volocity, da Volocopter, possui um tempo de troca da baterias de apenas 5 minutos [50] Tal argumento pode ser ilustrado como segue: o modelo Volocity, da Volocopter, possui um tempo de troca da baterias de apenas 5 minutos [86]. Neste caso, como poucas informações sobre tempo de recarga e tempo de troca de bateria estão disponíveis ao público, esta análise terá de ser feita em trabalhos posteriores.

4.4 Distribuição global dos pedidos

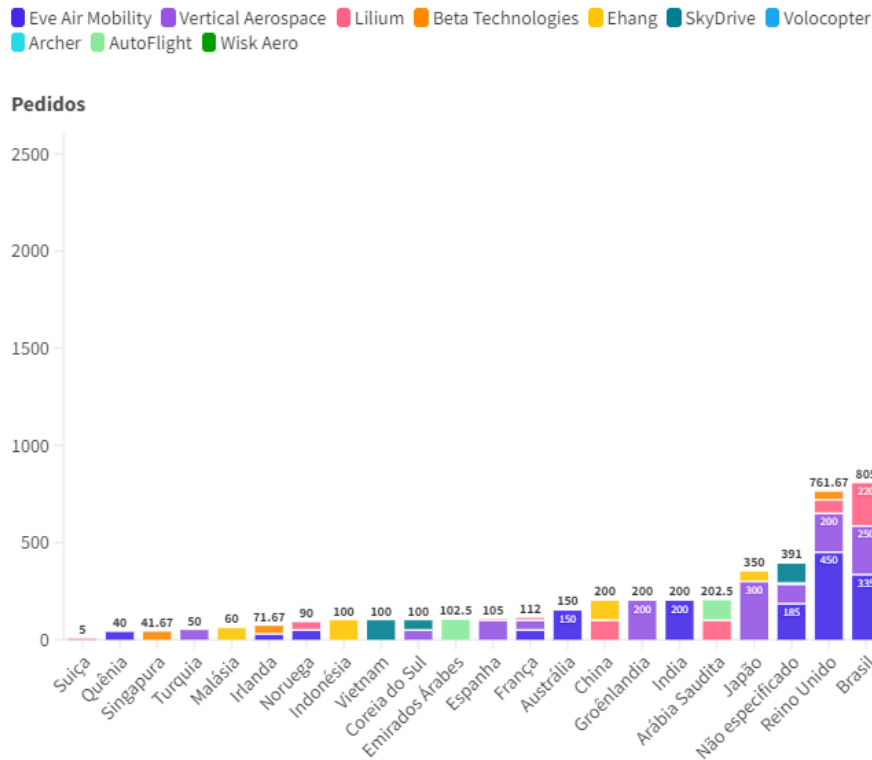
Nesta subseção, o olhar sobre a distribuição dos pedidos se fará de modo a compreender sua prevalência por país. Um primeiro olhar, proporcionado pelo Gráfico 19, mostra uma prevalência bastante acentuada nos EUA e, talvez de forma surpreendente, no Brasil.



Fonte: Autor

Abrindo-se os dados de forma mais analítica, o Gráfico 20 traz informações por países e por empresa:

Gráfico 20 - Distribuição em países dos pedidos mapeados



Fonte: Autor

Uma observação relevante sobre esses números é que a presença de valores fracionados ocorre devido à distribuição de pedidos nos quais múltiplos locais de uso foram designados para uma mesma encomenda. Nessas situações, o pedido foi dividido de maneira equitativa. Por exemplo, no pedido da LCI para 125 aeronaves Alia 250, da Beta Technologies, o comunicado oficial da LCI especificava que essas aeronaves deveriam ser utilizadas na Irlanda, Reino Unido e Singapura. Nesse contexto, foram atribuídas 41,7 aeronaves a cada país, conforme a base de dados levantada.

Nota-se que a grande maioria dos pedidos foram feitos nos EUA (35%) e se relacionaram às desenvolvedoras abaixo listadas:

- i. Eve Air Mobility 1360;
- ii. Vertical Aerospace 450;
- iii. Beta Technologies 229;
- iv. Archer 206;
- v. Lilium 150;
- vi. Wisk Aero 30.

Esta visualização ilustra a liderança da Eve no mercado mais aquecido em relação aos eVTOLs, tendo vendido quase metade de seus 2850 pedidos para clientes norte-americanos.

O segundo maior mercado foi o Brasil (12%), e se relacionaram às desenvolvedoras listadas abaixo:

- i. Eve Air Mobility 335;
- ii. Vertical Aerospace 250;
- iii. Lillium 220.

Mais uma vez a Eve se faz líder em vendas, embora seja menos surpreendente sendo ela uma subsidiária da Embraer.

Uma questão que resta, porém, é a comparação destes números com aqueles que os países exibem em termos de frotas de aeronaves de asa rotativa (helicópteros) e aeronaves de asa fixa.

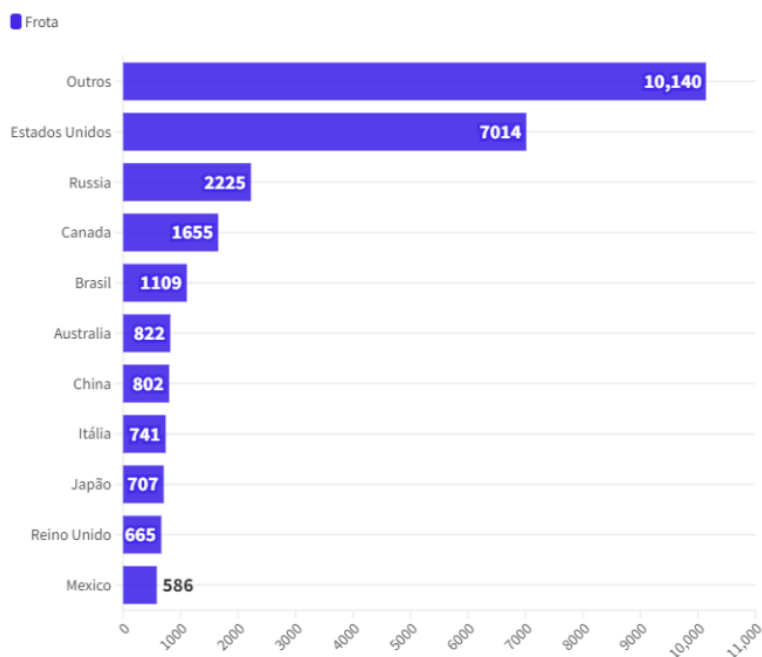
4.4.1 Frota mundial de helicópteros civis

Como uma das atuações previstas para o eVTOL é o táxi aéreo com o intuito de melhorar a mobilidade urbana, fica claro que a proposta de atuação dele é similar a de helicópteros.

Não se encontrou a segmentação de compras de helicópteros por país, mas um indicador que pode ser utilizado para comparação é a frota de helicópteros civis em serviço de cada país.

Segundo dados da Flight Global em seu artigo *The global helicopter market in numbers* [52], de 2020, o Gráfico 21 exhibe o tamanho da frota dos 10 maiores países:

Gráfico 21 - 10 maiores frotas em serviço de helicópteros civis



Fonte: Flight Global em *The global helicopter market in numbers*

Comparando-se esta lista com os pedidos levantados por país para eVTOLs, notamos que Rússia, Canadá, Itália e México não estão presentes no levantamento feito. Tal fato mostra alguma similaridade entre os mercados, mas também aponta para diferenças significativas. As discrepâncias podem se dar ou pela escolha de um fabricante não mapeado ou por esperar dados acerca de como ocorrerá a homologação das aeronaves antes de investir neste mercado.

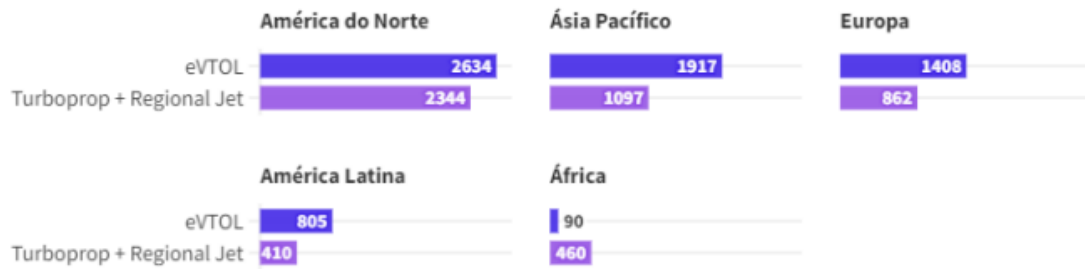
4.4.2 Aviação comercial

Por fim, não é de todo inusitado traçar paralelos com a aviação comercial, uma vez que se vêem, desde agora, indícios de que empresas aéreas que operam aeronaves tradicionais já se mostram interessadas em eVTOLs. Por este motivo, é interessante comparar o tamanho destas frotas com as das empresas aéreas comerciais. A OliverWyman fez o levantamento destas aeronaves em 2023 em seu documento *Global Fleet and MRO Market Forecast 2023-2033* [81]. A única distinção é que este levantamento é feito por região e segmenta as aeronaves em algumas categorias de capacidade de transporte:

- *Narrowbody*: avião cuja cabine tem entre 3 e 4 metros de diâmetro e geralmente até 6 assentos por fileira, em média, podendo transportar de 150 até 295 passageiros (Boeing 757-300);
- *Widebody*: avião cuja cabine tem entre 5 e 6 metros de diâmetro e com geralmente a partir de 7 assentos por fileira, em média, podendo transportar de 200 até 853 (A380) passageiros;
- *Regional Jet*: aeronaves movidas a jato, com até aproximadamente 150 passageiros e feitas para operarem em distâncias menores, geralmente de um aeroporto menor a um maior (ou o contrário);
- *Turboprop*: aeronaves movidas a hélice com capacidade média de 6 a 8 passageiros, mas com exceções, como o ATR-72, com capacidade para até 78 passageiros [7].

A fim de comparação, a operação esperada dos eVTOLs, por sua autonomia capacidade de passageiros reduzidos, podem ser comparados mais fielmente aos *Regional Jets* e *Turboprops*. O Gráfico 22 apresenta os dados da OliverWyman quanto ao tamanho destas frotas e os compara com o levantamento de intenções de compra de eVTOLs.

Gráfico 22 - Frota de Turboprop + Regional Jet de empresas aéreas comerciais comparado com os pedidos de eVTOLs



Fonte: Autor

Nota-se que as três primeiras posições estão iguais, mas em termos de frota de *Turboprop* e *Regional Jet* a África conta com uma frota maior que a América Latina, mas em termos de pedidos de eVTOL o que prevalece é o contrário. Estes números elevados da América Latina se devem em grande parte à Eve Air Mobility, que tem acordos de 335 eVTOLs na América Latina, Vertical Aerospace com 250 e Lilium com 220.

Pode-se considerar que o mercado de eVTOLs tem se comportado de maneira similar ao de aeronaves regionais e de capacidade reduzida, o que pode servir como um sinalizador quanto às dimensões que este segmento poderá alcançar nos próximos anos.

5 CONCLUSÃO

O mercado de eVTOLs encontra-se em estágio inicial de desenvolvimento, sem a homologação completa de aeronaves até a data de conclusão desta pesquisa. No entanto, mesmo sem essa certificação, há já 6904 pedidos de compra de aeronaves desta categoria, considerando apenas o conjunto de (número) empresas analisadas, o que evidencia um notável interesse no setor. Outros indicadores de sucesso incluem parcerias estabelecidas com a Uber [65], investimentos significativos por parte de grandes corporações e a participação do exército na exploração das potencialidades dessas aeronaves.

Além disso, a distribuição global dos pedidos, como observado, segue proporções semelhantes à aviação civil. Este levantamento oferece uma forte indicação de que a presença de eVTOLs será uma realidade em um futuro próximo, com algumas entregas já prometidas para 2025. A inovadora solução de AAM surge como uma alternativa promissora para enfrentar os desafios de congestionamento nas vias urbanas de grandes centros metropolitanos nos próximos anos.

Porém, ainda não podemos considerar esta tecnologia como substituta de aviões comerciais, uma vez que estes possuem uma capacidade de passageiros e carga muito superior, além de autonomia e velocidade de cruzeiro muito maiores. É muito plausível crer que serão uma tecnologia auxiliar à operação de voos comerciais, ajudando no traslado entre aeroportos ou para atuar na chamada “*Last Mile*”, Ou seja, a ligação entre o aeroporto e o ponto concreto de origem ou destino da viagem.

Mas, com uma capacidade de passageiros similar existe o helicóptero. Seria sensato supor que os eVTOLs poderiam vir para concorrer com helicópteros? Em questão de autonomia, a grande maioria dos helicópteros possuem autonomies em torno de 400 km, o que já excederia a autonomia de todos os eVTOLs mapeados (com exceção do Alia 250, da Beta Technologies), mas existem helicópteros com autonomies superiores a 2.000 km, como é o caso do AH-56A Cheyenne, da Lockheed. Portanto, eVTOLs podem concorrer em uma gama de operações limitada em relação a dos helicópteros.

Conforme as baterias elétricas forem evoluindo e autonomia, *payload*, velocidade de cruzeiro, entre outros, possam ser comparáveis a helicópteros, ainda não é esperado que haja substituição da grande gama de operações que um helicóptero faz em relação aos eVTOLs.

Ao finalizar, no que diz respeito ao *Design Philosophy*, embora o Multirotor seja a opção mais econômica, ele perdeu em preferência do consumidor para o *Lift + Cruise*. Este último

apresenta um custo intermediário em comparação com as demais alternativas, sem ficar significativamente aquém em termos de versatilidade e desempenho quando comparado ao *Vectored Thrust*. É plausível antecipar que os Multirotores se destaquem no mercado de viagens intraurbanas comuns ou mesmo no turismo, devido ao seu custo reduzido, , embora ofereçam uma versatilidade e desempenho mais limitados. No entanto, para operações relacionadas a EMS, logística e viagens interurbanas, onde a autonomia e velocidades próximas ao limite desta tecnologia emergente são cruciais, o *Lift + cruise* deverá prevalecer. Já as operações com modelos *Vectored Thrust* devem ser reservadas, em sua maioria, para contextos mais premium devido ao seu custo elevado.

REFERÊNCIAS

- [1] AGGARWAL, ANJALI. **Depletion of the ozone layer and its consequences: a review.** *American Journal of Plant Sciences*, v. 4, n. 10, p. 1990, 2013.
- [2] AIN. **Air-Dynamic Orders Lilium Jet eVTOLs for Charter Fleet.** Disponível em: <https://www.ainonline.com/aviation-news/business-aviation/2023-05-23/air-dynamic-orders-lilium-jet-evtols-charter-fleet>. Acesso em: 27 set 2023.
- [3] AJOT. **China flying taxi trial puts EHang a step ahead of rivals.** Disponível em: <https://www.ajot.com/news/china-flying-taxi-trial-puts-ehang-a-step-ahead-of-rivals#:~:text=The%20EH216%2DS%2C%20priced%20at,with%20its%20own%20electric%20motor>. Acesso em: 20 dez 2023.
- [4] AMERICAN AIRLINES. **American Airlines Invests in the Future of Urban Air Mobility.** Disponível em: <https://news.aa.com/news/news-details/2021/American-Airlines-Invests-in-the-Future-of-Urban-Air-Mobility-FLT-06/default.aspx>. Acesso em: 30 ago 2023.
- [5] ARCHER. **Archer Receives \$10 Million Pre-Delivery Payment From United Airlines For 100 EVTOL Aircraft.** Disponível em: <https://archer.com/news/archer-receives-10-million-pre-delivery-payment-from-united-airlines-for-100-evtol-aircraft-advances-path-to-commercialization>. Acesso em: 13 ago 2023.
- [6] ASIAN AVIATION. **Embraer's Eve signs multiple deals for eVTOLs.** Disponível em: <https://asianaviation.com/embraers-eve-signs-multiple-deals-for-evtol-aircraft/>. Acesso em: 29 out 2023.
- [7] ATR. **The most fuel efficient regional aircraft.** Disponível em: <https://www.atr-aircraft.com/our-aircraft/atr-72-600/>. Acesso em: 11 jan 2024.
- [8] AVIONICS INTERNATIONAL. **Avolon Orders 500 of Vertical Aerospace's eVTOL aircraft in \$2 Billion Deal.** Disponível em: <https://www.aviationtoday.com/2021/06/11/avolon-orders-500-vertical-aerospaces-evtol-aircraft-2-billion-deal/>. Acesso em: 13 jun 2023.
- [9] AVIONICS INTERNATIONALS. **Eve Aims to Bring its eVTOL to Brazil with Helisul Partnership.** Disponível em: <https://www.aviationtoday.com/2021/06/07/eve-aims-bring-evtol-brazil-helisul-partnership/>. Acesso em: 12 jun 2023.
- [10] BLADE. **Blade Air Mobility and BETA Technologies complete historic Electric Vertical Aircraft flight in New York.** Disponível em: <https://ir.blade.com/news-events/press-releases/detail/61/blade-air-mobility-and-beta-technologies-complete-historic>. Acesso em: 20 jun 2023.
- [11] BRISTOW GROUP. **Bristow Signs Order of up to 55 BETA Technologies ALIA-250 eVTOL Aircraft.** Disponível em: <https://www.bristowgroup.com/news-media/press-releases/detail/517/bristow-signs-order-of-up-to-55-beta-technologies-alia-250>. Acesso em: 15 mar 2023.
- [12] BRISTOW GROUP. **Eve and Bristow enter partnership to develop UAM capabilities with an order of up to 100 eVTOLs.** Disponível em: <https://www.bristowgroup.com/news-media/press-releases/detail/490/eve-and-bristow-enter-partnership-to-develop-uam>. Acesso em: 04 mar 2023.
- [13] BRISTOW GROUP. **Lilium Partners with Bristow on Electric Air Mobility.** Disponível em: <https://www.bristowgroup.com/news-media/press->

- releases/detail/510/lilium-partners-with-bristow-on-electric-air-mobility. Acesso em: 05 mar 2023.
- [14] BRISTOW GROUP. **Vertical and Bristow partner to electrify helicopter market for a new era in vertical transport.** Disponível em: <https://www.bristowgroup.com/news-media/press-releases/detail/489/vertical-and-bristow-partner-to-electrify-helicopter-market>. Acesso em: 04 jul 2023.
- [15] CHRISTENSEN, Clay; RAYNOR, Michael E.; MCDONALD, Rory. **Disruptive innovation.** Brighton, MA, USA: Harvard Business Review, 2013.
- [16] EHANG. **EHang Delivers 5 Units of EH216-S AAVs to Boling in Shenzhen.** Disponível em: <https://ehang.com/news/987.html>. Acesso em: 31 out 2023.
- [17] EHANG. **EHang Receives Pre-Order for 100 Units of EH216 AAVs from Indonesian Aviation Company Prestige Aviation.** Disponível em: <https://www.ehang.com/news/869.html>. Acesso em: 03 out 2023.
- [18] EHANG. **EHang Receives Pre-order for 50 Units of EH216 in Japan.** Disponível em: <https://www.ehang.com/news/856.html>. Acesso em: 01 out 2023.
- [19] EHANG. **EHang Receives Pre-order for 60 Units of Passenger-grade AAVs from AEROTREE, Malaysia's Leading Aviation Company, under Strategic Partnership.** Disponível em: <https://www.ehang.com/news/865.html>. Acesso em: 01 out 2023.
- [20] EHANG. **EHang Third Quarter 2022 Conference Call Presentation.** Disponível em: <https://ir.ehang.com/static-files/b117dceb-0d69-44e2-abb5-2e6956c9ba3c>. Acesso em: 19 dez 2023.
- [21] EVE AIR MOBILITY. **BLADE and Eve Announce Strategic Partnership to Expand Urban Air Mobility Ecosystem in India.** Disponível em: <https://ir.eveairmobility.com/news-events/press-releases/detail/19/blade-and-eve-announce-strategic-partnership-to-expand>. Acesso em: 27 out 2023.
- [22] EVE AIR MOBILITY. **Earnings Release 3Q 2023.** Disponível em: https://d1io3yog0oux5.cloudfront.net/_0bc16e2bd27da8d5923609e7e99324b7/eveairmobility/db/973/8896/earnings_results_presentation/Eve_3Q23_Earnings_Presentation_FINAL.pdf. Acesso em: 20 out 2023.
- [23] EVE AIR MOBILITY. **Earnings Results Presentation Q3 2023.** Disponível em: https://d1io3yog0oux5.cloudfront.net/_65e04beb330f54e5b4e9aff9963f20a8/eveairmobility/db/950/8890/pdf/EVE_Institutional+Presentation_Sep23_IR+Website+%281%29.pdf. Acesso em: 19 dez 2023.
- [24] EVE AIR MOBILITY. **Embraer's Eve and Ascent further partnership with a commitment to bring UAM operations to the Asia Pacific region.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/embraers-eve-and-ascent-further-partnership-with-a-commitment-to-bring-uam-operations-to-the-asia-pacific-region/>. Acesso em: 20 out 2023
- [25] EVE AIR MOBILITY. **Embraer's Eve and Helipass partner to expand UAM operations in France and beyond.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/embraers-eve-and-helipass-partner-to-expand-uam-operations-in-france-and-beyond/>. Acesso em: 20 out 2023
- [26] EVE AIR MOBILITY. **Eve Air Mobility and Nordic Aviation Capital Sign Letter of Intent for up to 30 eVTOLs.** Disponível em: <https://ir.eveairmobility.com/news-events/press-releases/detail/37/eve-air-mobility-and-nordic-aviation-capital-sign-letter>. Acesso em: 11 ago 2023.
- [27] EVE AIR MOBILITY. **Eve and Avantto to develop Urban Air Mobility (UAM) operations in Brazil and Latin America.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/eve-and-avantto-to-develop-urban-air-mobility-uam->

- operations-in-brazil-and-latin-americaeve-and-avantto-to-develop-urban-air-mobility-uam-operations-in-brazil-and-latin-america/. Acesso em: 07 ago 2023.
- [28] EVE AIR MOBILITY. **Eve and Azorra sign partnership with order for 200 eVTOLs.** Disponível em <https://eveairmobility.com/eve-and-azorra-sign-partnership-with-order-for-200-evtols/>. Acesso em: 10 set 2023.
- [29] EVE AIR MOBILITY. **Eve and Falcon Aviation Services announce partnership to introduce eVTOL flights in Dubai.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/eve-and-falcon-aviation-services-announce-partnership-to-introduce-evtol-flights-in-dubai/>. Acesso em: 21 out 2023
- [30] EVE AIR MOBILITY. **Eve and Falko announce partnership to develop Global Operator Network with a potential order for 200 eVTOLs.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/eve-and-falko-enter-partnership-to-develop-global-operator-network-with-an-order-for-200-evtols/>. Acesso em: 15 out 2023.
- [31] EVE AIR MOBILITY. **Eve and Flapper to develop Urban Air Mobility operations in Latin America.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/eve-and-flapper-to-develop-urban-air-mobility-operations-in-latin-america/>. Acesso em: 20 out 2023
- [32] EVE AIR MOBILITY. **Eve and FlyBIS Announce Letter of Intent to Develop eVTOL Operations in Brazil and Latin America.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/eve-and-flybis-announce-letter-of-intent-to-develop-evtol-operations-in-brazil-and-latin-america/>. Acesso em: 29 ago 2023.
- [33] EVE AIR MOBILITY. **Eve and Global Crossing Airlines sign Letter of Intent for up to 200 eVTOL aircraft and enable future collaboration for UAM.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/eve-and-global-crossing-airlines-sign-letter-of-intent-for-up-to-200-evtol-aircraft-and-enable-future-collaboration-for-uam/>. Acesso em: 11 ago 2023.
- [34] EVE AIR MOBILITY. **Eve and Helisul announce partnership to develop UAM products and services in Brazil with an initial order of up to 50 eVTOLs.** 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: 12 jun 2023.
- [35] EVE AIR MOBILITY. **Eve and Kenya Airways' Fahari Aviation sign an agreement to scale Urban Air Mobility with an order of up to 40 eVTOLs to fly people and cargo.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/eve-and-kenya-airways-fahari-aviation-sign-an-agreement-to-scale-urban-air-mobility-with-an-order-of-up-to-40-evtols-to-fly-people-and-cargo/>. Acesso em: 20 out 2023
- [36] EVE AIR MOBILITY. **Eve and Microflite announce partnership to bring UAM services to Melbourne with an initial order of up to 40 eVTOLs.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/eve-and-microflite-announce-partnership-to-bring-uam-services-to-melbourne-with-an-initial-order-of-up-to-40-evtols/>. Acesso em: 12 set 2023.
- [37] EVE AIR MOBILITY. **Eve and Nautilus Aviation partner to develop Urban Air Mobility operations in Australia.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/embraers-eve-and-nautilus-aviation-partner-to-develop-urban-air-mobility-operations-in-australia/>. Acesso em: 21 out 2023
- [38] EVE AIR MOBILITY. **Eve and Sydney Seaplanes announce partnership to bring UAM services to Sydney with an initial order of 50 eVTOLs.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/eve-and-sydney-seaplanes-announce-partnership-to-bring-uam-services-to-sydney-with-an-initial-order-of-50-evtols/>. Acesso em: 15 out 2023.

- [39] EVE AIR MOBILITY. **Eve and Voar Aviation Sign Letter of Intent to Drive Urban Air Mobility.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/eve-and-voar-aviation-sign-letter-of-intent-to-drive-urban-air-mobility/>. Acesso em: 30 set 2023.
- [40] EVE AIR MOBILITY. **Eve and Widerøe Zero Extend Partnership, Aiming to Launch eVTOL Operations in Scandinavia with Up to 50 Aircraft.** Disponível em: <https://ir.eveairmobility.com/news-events/press-releases/detail/35/eve-and-widere-zero-extend-partnership-aiming-to-launch>. Acesso em: 10 out 2023.
- [41] EVE AIR MOBILITY. **Eve announces a Letter of Intent (LOI) for up to 150 eVTOLs from collaboration between Embraer and BAE Systems.** Disponível em: <https://ir.eveairmobility.com/news-events/press-releases/detail/13/eve-announces-a-letter-of-intent-loi-for-up-to-150-evtols>. Acesso em: 19 out 2023.
- [42] EVE AIR MOBILITY. **Eve announces Halo as launch partner in the Urban Air Mobility market with an order for 200 eVTOL aircraft.** 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: 01 jun 2023.
- [43] EVE AIR MOBILITY. **Eve to Deploy Electric Vertical Aircraft for Blade in Key Southern Florida and West Coast Markets.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/embraers-eve-to-deploy-electric-vertical-aircraft-for-blade-in-key-southern-florida-and-west-coast-markets/>. Acesso em: 19 out 2023.
- [44] EVE AIR MOBILITY. **Eve, Aviair and HeliSpirit announce partnership with an order of up to 50 eVTOLs.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/eve-aviair-and-helispirt-announce-partnership-with-an-order-of-up-to-50-evtols/>. Acesso em: 06 ago 2023.
- [45] EVE AIR MOBILITY. **United Airlines and Eve Air Mobility Collaborating to Bring First Electric Commuter Flights to San Francisco.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/united-airlines-and-eve-air-mobility-collaborating-to-bring-first-electric-commuter-flights-to-san-francisco/>. Acesso em: 08 set 2023.
- [46] EVE AIR MOBILITY. **United Invests Another \$15 Million in Electric Flying Taxi Market with Eve.** Disponível em: <https://eveairmobility.com/united-invests-another-15-million-in-electric-flying-taxi-market-with-eve/>. Acesso em: 08 set 2023.
- [47] EVTOL INSIGHTS. **Halo becomes Eve Urban Air Mobility's launch customer and orders 200 eVTOL aircraft, with deliveries to start in 2026.** Disponível em: <https://evtolinsights.com/2021/06/halo-becomes-eve-urban-air-mobilitys-launch-customer-and-orders-200-evtol-aircraft-with-deliveries-to-start-in-2026/>. Acesso em: 02 jun 2023.
- [48] EVTOL NEWS. **Autoflight Prosperity I (V1500M).** Disponível em: <https://evtol.news/autoflight-v1500m#:~:text=The%20company%20expects%20their%20production,will%20be%20made%20in%20China>. Acessado em: 20 dez 2023.
- [49] EVTOL NEWS. **Joby Aviation S4 2.0 (pre-production prototype).** Disponível em: <https://evtol.news/joby-s4>. Acessado em: 20 dez 2023.
- [50] EVTOL NEWS. **Volocopter VoloCity (prototype).** Disponível em: <https://evtol.news/volocopter-volocity/>. Acesso em: 21 dez 2023.
- [51] FLIGHTGLOBAL. **Canada's Helijet International places firm orders for four Beta air taxis.** Disponível em: <https://www.flightglobal.com/aerospace/canadas-helijet-international-places-firm-orders-for-four-beta-air-taxis/155617.article>. Acesso em: 31 out 2023
- [52] FLIGHTGLOBAL. **The global helicopter market in numbers.** Disponível em: <https://www.flightglobal.com/helicopters/the-global-helicopter-market-in-numbers/141414.article>. Acesso em: 15 set 2023

- [53] FLIGHTGLOBAL. **USMC showing interest in Archer eVTOL aircraft.** Disponível em: <https://www.flightglobal.com/helicopters/usmc-showing-interest-in-archer-evtol-aircraft/154465.article>. Acesso em: 08 out 2023.
- [54] FLYING. **Lilium's Pioneer Edition Jet Hits U.S. Market with Launch of Private Sales.** Disponível em: <https://www.flyingmag.com/liliums-pioneer-edition-jet-hits-u-s-market-with-launch-of-private-sales/#:~:text=Lilium%20on%20Wednesday%20announced%20a,its%20kind%20available%20for%20private>. Acesso em: 20 dez 2023.
- [55] FORBES. **AFWERX Is Shelling Out Up To \$142 Million to Evaluate Archer's Midnight eVTOL - Why?** Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/erictegler/2023/08/11/afwerx-is-shelling-out-up-to-142-million-to-evaluate-archers-midnight-evtolwhy/?sh=75b55d016ed8>. Acesso em: 20 dez 2023.
- [56] FUTUREFLIGHT. **Air greenland plans to acquire vertical aerospace vx4 evtol aircraft from leasing group avolon.** Disponível em: <https://www.futureflight.aero/news-article/2022-03-22/air-greenland-plans-acquire-vertical-aerospace-vx4-evtol-aircraft-leasing> Acesso em: 22 mar 2023.
- [57] FUTUREFLIGHT. **Airlines place biggest eVTOL orders to date as vertical goes public.** Disponível em: <https://www.futureflight.aero/news-article/2021-06-10/airlines-place-biggest-evtol-orders-date-vertical-goes-public>. Acesso em: 20 dez 2023.
- [58] FUTUREFLIGHT. **Blade orders 20 beta Alia aircraft for air mobility services.** Disponível em: <https://futureflight.aero/news-article/2021-04-13/blade-orders-20-beta-alia-aircraft-air-mobility-services>. Acesso em: 14 jul 2023.
- [59] FUTUREFLIGHT. Disponível em: <https://www.futureflight.aero/aircraft-program/beta-evtol?model=alia>. Acesso em: 20 dez 2023.
- [60] FUTUREFLIGHT. **EVFLY orders 205 Autoflight evtol aircraft for passengers and cargo.** Disponível em: <https://www.futureflight.aero/news-article/2023-03-16/evfly-orders-205-autoflight-evtol-aircraft-passengers-and-cargo>. Acesso em: 21 out 2023
- [61] FUTUREFLIGHT. **SkyDrive signs first private-use preorder for SD-05 evtol aircraft.** Disponível em: <https://www.futureflight.aero/news-article/2023-04-13/skydrive-signs-first-private-use-preorder-sd-05-evtol-aircraft>. Acesso em: 21 out 2023
- [62] G1. **Gol anuncia plano para malha aérea com 250 aviões elétricos.** Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/negocios/noticia/2021/09/21/gol-anuncia-plano-para-malha-aerea-com-250-avioes-eletricos.ghtml>. Acesso em: 15 jun 2023.
- [63] HINDENBURG RESEARCH. **EHang: Hollow Order Book And Fake Sales Make This China-Based eVTOL Company Last In Line For Takeoff.** Disponível em: <https://hindenburesearch.com/ehang/>. Acesso em: 19 nov 2023.
- [64] IISS (THE INTERNATIONAL INSTITUTE FOR STRATEGIC STUDIES). **The military balance 2023.** Disponível em: <https://www.iiss.org/publications/the-military-balance/>. Acesso em: 19 dez 2023.
- [65] JOBY AVIATION. **Joby and Uber Elevate.** Disponível em: <https://www.jobyaviation.com/blog/joby-uber-elevate/>. Acesso em: 19 dez 2023.
- [66] JOBY AVIATION. **Joby Delivers First eVTOL Aircraft to Edwards Air Force Base Ahead of Schedule.** Disponível em <https://www.jobyaviation.com/news/joby-delivers-first-evtol-edwards/>. Acesso em: 31 out 2023

- [67] KARLSSON, Joakim; ODoni, Amedeo; GAUDET, Megan Brett. **Cost of aviation infrastructure in the United States**. *Transportation research record*, v. 2052, n. 1, p. 28-36, 2008.
- [68] LCI. **LCI signs agreement with beta technologies for a committed order of up to 125 eVTOL aircraft**. Disponível em: <https://www.lciaviation.com/media/press-releases/lci-signs-agreement-with-beta-technologies/>. Acesso em: 09 mar 2023.
- [69] LILIUM. **AAP Aviation to develop electric regional air mobility in Norway with the Lilium Jet**. Disponível em: <https://lilium.com/newsroom-detail/aap-aviation-to-develop-evtol-network-in-norway-with-lilium>. Acesso em: 19 out 2023.
- [70] LILIUM. **ASL Group doubles down on sustainable air mobility, signs agreement for delivery of six Lilium Pioneer Edition Jets**. Disponível em: <https://lilium.com/newsroom-detail/asl-group-signs-agreement-with-lilium>. Acesso em: 14 set 2023.
- [71] LILIUM. **GlobeAir to serve Southern France and Italy with the Lilium Jet**. Disponível em: <https://lilium.com/newsroom-detail/lilium-partners-globeair>. Acesso em: 19 out 2023.
- [72] LILIUM. **Helity and Lilium join forces to bring high speed electric air mobility to Southern Spain**. Disponível em: <https://lilium.com/newsroom-detail/helity-lilium-develop-network-andalusia>. Acesso em: 19 out 2023.
- [73] LILIUM. **Lilium and SAUDIA announce plan to bring Electric Air Mobility to Saudi Arabia**. Disponível em: <https://lilium.com/newsroom-detail/lilium-partners-saudia>. Acesso em: 26 set 2023.
- [74] 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**. 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: 07 jun 2023.
- [75] LILIUM. **Lilium signs agreement with Air-Dynamic to serve Switzerland and Italy**. Disponível em: <https://lilium.com/newsroom-detail/lilium-signs-agreement-with-Air-Dynamic>. Acesso em: 27 set 2023.
- [76] LILIUM. **Lilium signs agreement with Heli-Eastern for the purchase of Lilium Jets and the development of premium eVTOL services in China**. Disponível em: <https://lilium.com/newsroom-detail/lilium-signs-agreement-with-heli-eastern>. Acesso em: 19 out 2023.
- [77] LILIUM. **Lilium, NetJets And FlightSafety International Partner To Grow Sustainability In Private Aviation**. Disponível em: <https://lilium.com/newsroom-detail/lilium-netjets-announcement>. Acesso em: 15 set 2023.
- [78] LILIUM. **Q2 2023 Shareholder Letter**. Disponível em: https://investors.lilium.com/Q2_2023_Shareholder_Letter. Acesso em: 19 dez 2023.
- [79] LIM, Alan. **eVTOL orders: 2022 wrapped**. Disponível em: https://altonaviation.com/alton_insights/evtol-orders-2022-wrapped/#:~:text=Operators%20have%20ordered%20around%207%2C000,introduction%20of%20new%20aircraft%20technology. Acesso em: 15 set 2023.
- [80] MOOVIT. **Relatório Global Moovit sobre Transporte Público 2022**. Disponível em: <https://moovit.com/pt/press-releases/moovit-apresenta-relatorio-sobre-transporte-publico-em-2022/>. Acesso em: 16 set 2023
- [81] OLIVERWYMAN. **Global fleet and MRO forecast 2023-2033**. Disponível em: <https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver->

- wyman/v2/publications/2023/feb/Fleet-and-MRO-Forecast-2023-2033.pdf. Acesso em: 16 set 2023
- [82] SHAFIEE, Shahriar; TOPAL, Erkan. **When will fossil fuel reserves be diminished? Energy policy, v. 37, n. 1, p. 181-189, 2009.**
- [83] SKYDRIVE. **SkyDrive Receives Pre-Order of up to 100 eVTOL Aircraft from CT UAV JSC in Vietnam.** Disponível em: <https://en.skydrive2020.com/archives/9765>. Acesso em: 21 out 2023
- [84] SKYDRIVE. **SkyDrive Receives Pre-Order of up to 50 eVTOL Aircraft from an Aircraft Leasing Company Solyu in Korea.** Disponível em: <https://en.skydrive2020.com/archives/10158>. Acesso em: 12 out 2023.
- [85] THE JAPAN TIMES. **SkyDrive's \$1.5 million 'flying car' gets its first private customer.** Disponível em: <https://www.japantimes.co.jp/news/2023/04/15/business/tech/flying-car-first-sale/>. Acesso em: 20 dez 2023.
- [86] TRANSPORT UP. **Lilium Partners with ABB for Charging Infrastructure.** Disponível em: <https://transportup.com/headlines-breaking-news/vehicles-manufactures/lilium-partners-with-abb-for-charging-infrastructure/#:~:text=The%20'MegaWatt'%20chargers%20provided%20by,80%25%20capacity%20within%2015%20minutes>. Acesso em: 21 dez 2023.
- [87] VERTICAL AEROSPACE. **AirAsia orders Vertical Aerospace's electric aircraft from Avolon.** Disponível em: <https://vertical-aerospace.com/wp-content/uploads/2022/02/AirAsia-orders-Vertical-Aerospaces-electric-aircraft-from-Avolon.pdf>. Acesso em: 14 mar 2023.
- [88] VERTICAL AEROSPACE. **Beta Technologies announces deal with UPS for up to 150 eVTOL aircraft.** Disponível em: <https://verticalmag.com/news/beta-technologies-ups-deal-150-evtol-aircraft/>. Acesso em: 18 jun 2023.
- [89] VERTICAL AEROSPACE. **Japan Airlines grows its future air taxi fleet with Vertical, Volocopter deals.** Disponível em: <https://verticalmag.com/news/japan-airlines-evtol-air-taxi-deals-vertical-volocopter/>. Acesso em: 14 jul 2023.
- [90] VERTICAL AEROSPACE. **Shareholder Letter Q2/2023.** Disponível em: https://s29.q4cdn.com/421996561/files/doc_financials/2023/q2/Q2-2023-Shareholder-Letter.pdf. Acesso em: 21 out 2023
- [91] VERTICAL AEROSPACE. **Shareholder Letter Q3/2023.** Disponível em: https://investor.vertical-aerospace.com/files/doc_financials/2023/q3/Q3/ver_SHL_Q3-2023_17_vs.pdf. Acesso em: 19 nov 2023.
- [92] VERTICAL AEROSPACE. **Vertical Aerospace announces Marubeni Corporation's pre-order option for up to 200 aircraft and signs MoU to explore the introduction of eVTOL aircraft in Japan.** Disponível em: <https://vertical-aerospace.com/vertical-aerospace-announces-marubeni-corporations-pre-order-option-for-up-to-200-aircraft-and-signs-mou-to-explore-the-introduction-of-evtol-aircraft-in-japan/>. Acesso em: 23 jun 2023.
- [93] VERTICAL AEROSPACE. **Vertical Aerospace secures pre-delivery payment commitment from American Airlines.** Disponível em: https://vertical-aerospace.com/wp-content/uploads/2022/07/ver_VerticalAerospace_PressRelease_americanairline_02.pdf. Acesso em: 06 set 2023.
- [94] VERTICAL AEROSPACE. **Vertical enters the business aviation market with aircraft pre-order from FLYINGGROUP.** Disponível em: <https://vertical-aerospace.com/wp->

- content/uploads/2022/07/ver_VerticalAerospace_PressRelease_flyinggroup_06.pdf. Acesso em: 21 out 2023
- [95] VERTICAL AEROSPACE. **Vertical expands presence in Asia-Pacific with VX4 aircraft pre-order from leading South Korean mobility firm Kakao Mobility.** Disponível em: https://vertical-aerospace.com/wp-content/uploads/2023/05/230519_ver_pr_kakao_05_ao.pdf. Acesso em: 07 ago 2023.
- [96] VIRGIN ATLANTIC. **Virgin Atlantic partners with Vertical Aerospace.** Disponível em <https://corporate.virginatlantic.com/gb/en/media/press-releases/virgin-atlantic-partners-with-vertical-aerospace.html>. Acesso em: 13 set 2023.
- [97] VOLOCOPTER. **ADAC Luftrettung Reserves Two Volocopter Multicopters.** Disponível em: <https://www.volocopter.com/en/newsroom/adac-luftrettung-reserves-two-volocopter-multicopters>. Acesso em: 11 ago 2023.
- [98] VOLOCOPTER. **ADAC Luftrettung to Collaborate with Volocopter on Next-Generation eVTOL for Emergency Medical Services.** Disponível em: <https://www.volocopter.com/en/newsroom/adac-luftrettung-vc-ems>. Acesso em: 19 jun 2023.
- [99] VOLOCOPTER. **Bristow & Volocopter Partner to Bring UAM Services to U.S. and U.K..** Disponível em: <https://www.volocopter.com/en/newsroom/vc-bristow-partner>. Acesso em: 06 out 2023.
- [100] WILLIAMSON, CRAIG. **The interactive effects of stratospheric ozone depletion, UV radiation, and climate change on aquatic ecosystems.** Photochemical & Photobiological Sciences, v. 18, n. 3, p. 717-746, 2019
- [101] WISK. **Electric Vertical Aircraft for Key Blade Urban Air Mobility Routes.** Disponível em <https://wisk.aero/news/press-release/blade-wisk/>. Acesso em: 31 out 2023