

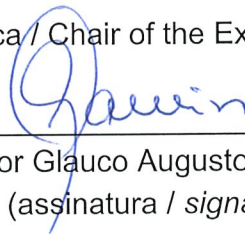


FOLHA DE APROVAÇÃO
Approval sheet

Candidato / Student: Luiz Arthur Gruszka
Título do TCC / Title : APLICAÇÃO DE eVTOLS EM PROL DO AUMENTO DA CONECTIVIDADE DA GOL LINHAS AÉREAS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO
Data de defesa / Date: 28/09/2023

Comissão Julgadora / Examining committee	Resultado / result
Professor Doutor Glauco Augusto de Paula Caurin 	APROVADO
Instituição / Affiliation: EESC - SAA	
Professor Doutor Hernan Dario Ceron Muñoz 	APROVADO
Instituição / Affiliation: EESC - SAA	

Presidente da Banca / Chair of the Examining Committee:



Professor Doutor Glauco Augusto de Paula Caurin
(assinatura / signature)

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS**

Luiz Arthur Gruszka

**APLICAÇÃO DE *eVTOLS* EM PROL DO AUMENTO DA
CONECTIVIDADE DA GOL LINHAS AÉREAS NA
REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

São Carlos

2023

Luiz Arthur Gruszka

**APLICAÇÃO DE *eVTOLS* EM PROL DO AUMENTO DA
CONECTIVIDADE DA GOL LINHAS AÉREAS NA
REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

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
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).

G885a Gruszka, Luiz Arthur
Aplicação de eVTOLs em prol do aumento da
conectividade da GOL Linhas Aéreas na região
metropolitana de São Paulo / Luiz Arthur Gruszka;
orientador Humberto Filipe de Andrade Januário Bettini.
São Carlos, 2023.

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

1. Mobilidade aérea urbana. 2. eVTOL. 3. shuttle.
4. Companhias aéreas. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à minha família, que me apoiou em todos esses anos, mesmo sem exatamente entender as minhas decisões. Eles foram a minha base de sustentação que me permitiu crescer como pessoa, e agora como engenheiro, por todos os anos da minha vida.

Aos meus amigos eu agradeço pelos anos de companhia, em especial ao Douglas Sansão, meu melhor amigo, que me acompanha desde Joinville. Você foi presente em todos os momentos dessa jornada.

Aos meus professores que tanto se dedicaram em passar não só seu conhecimento mas sua paixão pela aeronáutica. Dois agradecimentos em especial: Prof. Dr. Glauco Augusto de Paula Caurin, que foi quem trouxe um futuro para a minha graduação num momento em que ela foi posta em cheque; e ao Prof. Dr. Humberto Filipe de Andrade Januário Bettini, por todo o suporte e orientação na produção desse trabalho, sua dedicação e paciência para as minhas mudanças de carreira foram fundamentais para que eu pudesse concluir esse trabalho.

ABSTRACT

GRUSZKA, L. A. **APPLICATION OF *eVTOLS* TO INCREASE CONNECTIVITY OF GOL LINHAS AÉREAS IN THE METROPOLITAN REGION OF SÃO PAULO**. 2023. 48p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.

The next frontier of the aeronautical industry is heading towards being *eVTOLs*. Several projects have been developed to try to implement the means of transport as a commercially viable possibility. The present work aims to explore the possibilities of implementing *eVTOL* as a *shuttle* service between the airports of the capital of São Paulo, Congonhas and Guarulhos, in the context of trips departing from and continuing to the South of the country.

Initially, in order to identify how the *shuttle* service currently operates between the two airports of interest, the types of private public transport, individual transport app and also air taxi service are verified, in order to understand which range of values and travel times *eVTOL* would compete in this service.

To establish the integration potential that the aerial model would provide, a series of rules for crossing flights are proposed and thus identified the cases in which the means of transport proves to be advantageous in relation to the land and air models currently available.

Keywords: eVTOL. Mobilidade Aérea Urbana. Companhias Aéreas.

RESUMO

GRUSZKA, L. A. **APLICAÇÃO DE *eVTOLS* EM PROL DO AUMENTO DA CONECTIVIDADE DA GOL LINHAS AÉREAS NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO**. 2023. 48p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.

A próxima fronteira da indústria aeronáutica vem caminhando para ser os *eVTOLs*. Diversos projetos vem se desenvolvendo para tentar implementar o meio de transporte como uma possibilidade comercialmente viável. O presente trabalho visa explorar as possibilidades de implementação do *eVTOL* como serviço de *shuttle* entre os aeroportos da capital paulista, Congonhas e Guarulhos, no contexto de viagens que partem do e seguem para Sul do País.

Inicialmente, afim de identificar como se dá o serviço de *shuttle* atualmente entre os dois aeroportos de interesse, verifica-se as modalidades de transporte coletivo privado, aplicativo de transporte individual e também serviço de táxi aéreo, afim de entender em qual faixa de valores e de tempo de viagem os *eVTOL* competiriam nesse serviço.

Para estabelecer o potencial de integração que o modelo aéreo proporcionaria, são propostas uma série de regras para cruzamento entre voos e assim identificados os casos em que o meio de transporte se mostra vantajoso em relação aos modelos terrestres e aéreo disponíveis atualmente.

Palavras-chave: *eVTOL*. Mobilidade Aérea Urbana. GOL Linhas Aéreas SBGR. SBSP. *Shuttle*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Concepção artística do veículo <i>Lilium Jet</i> em voo	20
Figura 2 – Veículo Vertical VX4 nas cores da GOL (imagem gerada por computador)	21
Figura 3 – Foto do Aeroporto Internacional de São Paulo - 1985 (GUARULHOS, 1987)	23
Figura 4 – Simulação de trajeto entre SBGR e SBSP pelo Uber. Autoria própria .	24
Figura 5 – Simulação de trajeto entre SBGR e SBSP pelo serviço de táxi aéreo Flapper	25
Figura 6 – Mapa dos voos da Gol no dia 18/04/2019 que partem exclusivamente de SBSP	27
Figura 7 – Mapa dos voos da Gol no dia 18/04/2019 que partem exclusivamente de SBGR	27
Figura 8 – Exemplo de uma malha em que os voos exclusivos de SBGR e SBSP estivessem plenamente conectados	28
Figura 9 – Exemplo da Regra 2	30
Figura 10 – Exemplo da Caso Arrojado	31
Figura 11 – Exemplo da Caso Realista	31
Figura 12 – Exemplo da Caso Precavido	32
Figura 13 – Exemplo da Regra 9	32
Figura 14 – Visão geral da planilha	33
Figura 15 – Visão geral da planilha de exemplo preenchida	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação de alternativas de transporte disponíveis para serviço de <i>shuttle</i>	24
Tabela 2 – Composição da oferta de assentos em ônibus de traslado regulares pré e pós pandemia	25
Tabela 3 – Descritivo da base de dados utilizada no estudo	37
Tabela 4 – Descritivo da base de dados utilizada no estudo: composição por região brasileira	37
Tabela 5 – Conexões possibilidades por Região Brasileira	38
Tabela 6 – Origens Sulistas mais favorecidas pelo serviço de <i>shuttle</i> aéreo	38
Tabela 7 – <i>TOP Five</i> destinos sulistas com suas regiões de origem	39
Tabela 8 – Perfil qualitativo das conexões viabilizadas	39
Tabela 9 – Conexões possibilidades por Região Brasileira	39
Tabela 10 – Destinos Sulistas mais favorecidos pelo serviço de <i>shuttle</i> aéreo	40
Tabela 11 – <i>TOP Five</i> destinos sulistas com suas regiões de origem	40
Tabela 12 – Perfil qualitativo das conexões viabilizadas	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>eVTOL</i>	Electric Vertical Take-Off and Landing - sigla do inglês para aeronave elétrica de decolagem e pouso vertical
ICAO	International Civil Aviation Organization - Organização Internacional da Aviação Civil
IATA	International Air Transport Association - Associação Internacional do Transporte Aéreo
GRU SBGR	Aeroporto Internacional de São Paulo
CGH SBSP	Aeroporto Internacional de Congonhas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	Objetivos	21
1.2	Estrutura	22
2	CONTEXTO	23
3	METODOLOGIA	29
3.1	Base de dados	29
3.2	Casos de interesse	29
3.3	Modelo de conexão	29
3.4	Banco de horários	29
3.5	Regras de execução do método	30
3.6	Procedimento padrão utilizado para encontro de chegadas e partidas	32
3.6.1	Planilha de cruzamentos	32
3.6.2	Procedimento de cruzamento de voos	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1	Análise geral dos voos	37
4.2	Caso 1 - Fluxo partindo do Sul	38
4.3	Caso 2 - Fluxo de retorno	39
4.4	Discussões	41
4.4.1	Mercado de conexões endereçável	41
4.4.2	Precificação de passagens	41
4.4.3	Oportunidades interioranas	42
4.4.4	Processos de <i>check-in</i> e estrutura de segurança	42
4.4.5	Custos jurídicos nas operações aéreas	43
5	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A indústria aeronáutica sempre esteve na vanguarda do desenvolvimento técnico e da aplicação de novas tecnologias na vida cotidiana. Foi assim com as ligas de alumínio dos anos 50, a implementação de titânio nos motores de alto *bypass* e, mais recentemente, as estruturas aeronáuticas inteiras feitas em material composto por meio dos *heavy-plastic*.

A nova fronteira da indústria de mobilidade vem se desenvolvendo ao redor da eletrificação dos meios de transporte. As demandas ambientais advindas da preocupação com as mudanças climáticas vêm cobrando uma reação da indústria aeronáutica. (LEE D.W. FAHEY, 2021) em estudo liderado pela Universidade Metropolitana de Manchester analisaram as contribuições da aviação mundial no período de 2000 e 2018 e os resultados indicam que 3,5% de toda a poluição atmosférica advém da atividade aeronáutica.

No entanto, a reação da indústria aeronáutica já começou. Uma das iniciativas que estão em curso é a implementação total de combustível aeronáutico sustentável, da sigla em inglês SAF. A estratégia envolvida com a utilização deste combustível vem da sua origem, sendo produzido a partir de resíduos como óleo de cozinha usado, resíduos sólidos como papel, tecidos e outros materiais que tradicionalmente terminam em aterros. Desta forma, a utilização deste combustível é capaz de reduzir em até 80% as emissões geradas ao longo da cadeia de produção, suprimento e utilização de combustível tradicional (BP, 2021). Diversas companhias já vêm buscando introduzir o SAF nas suas rotas de forma permanente, como a SWISS (SWISS, 2021) e Etihad (JOSHI, 2022).

Seguindo em outra vertente, propostas de aviões movidos a hidrogênio já estão sendo apresentadas pelos grandes fabricantes; e projetos de aeronaves completamente elétricas vêm aparecendo na mídia especializada. As propostas de aeronaves elétricas vão desde aeronaves regionais, como a proposta da *Heart Aerospace* com seu avião regional para 30 pessoas, como diversos projetos focados em mobilidade aérea urbana (VINHOLES, 2022). Essas aeronaves, chamadas de *eVTOLs*, já somam mais de 800 propostas de projetos como mostra o site especializado *Electric VTOLS News*, vêm nos mais variados conceitos: multirotores, *tilt-rotors*, asas com propulsão distribuída e vetorada, *hover bikes*, etc, mas de uma forma geral, eles são apresentados como aeronaves pequenas, inicialmente *single-pilot*, com expectativa de serem totalmente autônomas, comportando até 8 pessoas, tendo capacidade de decolagem vertical e serem completamente elétricos.

Nenhum desses projetos de *eVTOLs* apresentou até hoje detalhes definitivos sobre a sua operação, performance ou preço de venda. Da parte das autoridades aeronáuticas, não há documentações definitivas acerca da operação desse tipo de aeronave, se elas operariam como helicópteros, se dividiriam espaço aéreo com aeronaves tradicionais etc. A rigor,

as autoridades aeronáuticas de diversos países do mundo - incluindo-se o Brasil - estão atualmente trabalhando nos processos de formalização da certificação (ANAC, 2022a).

Entretanto, diversas empresas aéreas já têm mostrado interesse pelos projetos mais promissores. No âmbito brasileiro, temos duas posições que se destacam: A Azul Linhas Aéreas assinou uma carta de intenções com a fabricante alemã Lilium para a compra de 220 aeronaves, numa operação estimada em UR\$ 1 bilhão e com expectativa de início da operação dessas aeronaves para 2025 (CARDOSO, 2021), a Figura 1 apresenta uma concepção artística em voo da aeronave em questão; Outro evento que chamou atenção do mercado aeronáutico brasileiro foi a assinatura pela Gol Linhas Aéreas Inteligentes, juntamente com a empresa de *leasing* aeronáutico Avolon, de uma carta de intenções não vinculante para a compra de 250 aeronaves da empresa *Vertical Aerospace*, cuja operação deve começar em meados de 2025 (BASSETO, 2021), a Figura 2 apresenta uma concepção artística em voo da aeronave em questão.



Figura 1 – Concepção artística do veículo *Lilium Jet* em voo (CARDOSO, 2021)



Figura 2 – Veículo Vertical VX4 nas cores da GOL (imagem gerada por computador) (GOL, 2021)

Esses eventos corporativos, por mais que ainda configurem um posicionamento sem nenhuma certeza de que possam ser concretizados, demonstram o real interesse de empresas aéreas do mundo todo, e em especial as brasileiras, de se posicionar com relação a esses projetos.

Este trabalho se propõe a analisar a malha aérea do estado de São Paulo com relação aos maiores aeroportos da região, Guarulhos, Congonhas e Viracopos, e vislumbrar como a entrada em operação dos *eVTOLs* pode alterar o atual mercado aéreo do país.

1.1 Objetivos

Este trabalho se propõe a analisar a aeronave com perspectiva de emprego no Brasil pela Gol Linhas Aéreas Inteligentes no que diz respeito ao possível emprego para o serviço de *shuttle* entre aeroportos na cidade de São Paulo. Posteriormente será feita uma comparação com diferentes modais nesta ligação específica. Por fim, com o intuito de estimar a demanda por esse serviço de *shuttle* aéreo, será analisada a malha de pousos e decolagens de São Paulo em um dia comum e, partindo dos casos pertinentes, encontraremos todos os casos em que o *eVTOL* faria sentido ser empregado, respondendo aos critérios a serem apresentados.

1.2 Estrutura

Em adição a esta introdução, o trabalho está organizado em 4 capítulos da seguinte forma:

- Capítulo 2: reúne um contexto histórico do estudo da operação *shuttle* entre os aeroportos SBGR e SBSP
- Capítulo 3: apresenta o método utilizado para mensurar a aplicabilidade dos *eVTOLs* na malha de conexão entre aeroportos, com as regras definidas e exemplos
- Capítulo 4: apresenta os resultados do método proposto
- Capítulo 5: traz as conclusões finais do estudo.

2 CONTEXTO

A necessidade de um sistema de transferência entre os aeroportos que servem a capital paulista data da fundação do aeroporto de Cumbica. Inaugurado em 1985, o Aeroporto Internacional de São Paulo (IATA: GRU, ICAO: SBGR) nasceu como uma solução para a superlotação do Aeroporto de Congonhas (IATA: CGH, ICAO: SBSP) e para atender à crescente demanda de passageiros e carga chegando e partindo de São Paulo, além de servir como ponto de conexão do Brasil com o restante do planeta (Figura 3). Hoje o aeroporto conecta o Brasil com quase todos os continentes do Planeta. Movimentou mais de 42 milhões de passageiros através de mais de 293 mil pousos e decolagens (GRU, 2018).



Figura 3 – Foto do Aeroporto Internacional de São Paulo - 1985 (GUARULHOS, 1987)

Com sua missão de partilhar a demanda com SBSP, a necessidade de uma infraestrutura que conectasse os dois aeroportos nasceu junto com o pouso das primeiras aeronaves em SBGR. Inicialmente, o meio de transporte disponível era o automóvel. Aos poucos empresas de ônibus foram iniciando operações na rota. Mas as vias terrestres ainda sofrem com a mesma limitação: o tempo. A distância entre os dois aeródromos, associado com as dificuldades de trânsito paulistano, tornam a vida do passageiro imprevisível. A título de exemplo, a empresa AirportBusService atualmente liga os dois aeroportos por meio de inúmeras frequências diárias e informa ao passageiro que o tempo estimado da viagem na rota entre os aeroportos é de 90 minutos, mas já com o comentário de que se trata apenas de uma estimativa (??).

Já por carro, a Figura 4 mostra a simulação de uma viagem realizada por meio do

aplicativo Uber para o dia 04/07/2023, feita às 11:45, e a pesquisa mostra que a previsão de chegada é para as 13:07, mostrando que o trajeto deve exceder os 80 minutos.

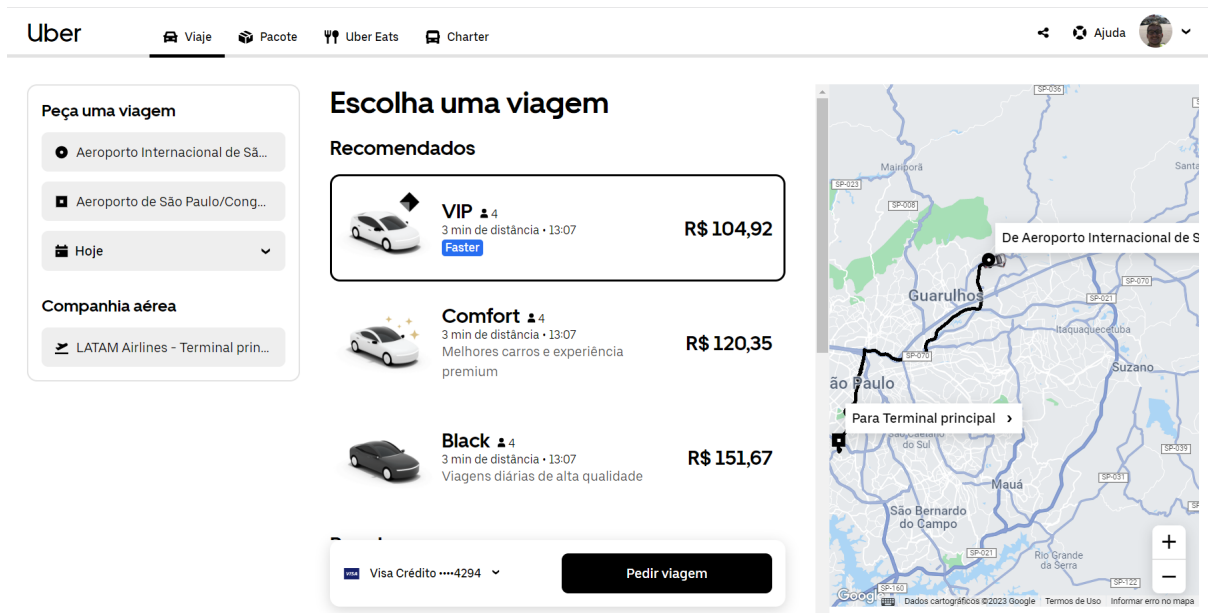


Figura 4 – Simulação de trajeto entre SBGR e SBSP pelo Uber. Autoria própria

Já a ideia de uma transferência aérea entre os aeroportos paulistanos não é nova. Nascida como uma empresa de táxi aéreo, a OceanAir começou a operar em 2002 uma rota que servia de *shuttle* entre GRU e CGH, como conta (PASSOS, 2021). Essa rota, operada no sentido Guarulhos por uma aeronave EMB-120 Brasília, seguia viagem em direção ao Rio de Janeiro, a fim de compor uma rota economicamente viável. Já no sentido oposto, a rota era operada também por um EMB-120, o voo vinha de Minas Gerais, passando por Vitória, no Espírito Santo. Nessa configuração, a frequência funcionava em dias úteis, em dois horários. A rota, porém, não demorou a mostrar sua inviabilidade. A rigidez imposta pelos procedimentos de segurança dos aeroportos, além do alto custo operacional de se adicionar uma parada técnica, colocaram um fim ao projeto. Hoje como opção aérea só se tem as empresas de táxi aéreo, cujo trajeto custa acima dos 10 mil reais, conforme mostra a simulação feita em 04/07/2023, por volta das 08 da manhã (Figura 5). Trata-se, certamente, de uma realidade para poucos.

A Tabela 1 reúne os dados obtidos para cada alternativa de transporte, contendo os tempos informados de viagem, bem como seus respectivos valores.

Tipo de transporte	Tempo estimado (minutos)	Valores cobrados ao passageiro (R\$)
Ônibus	90	40
Uber	80	105
Flapper	20	10.000

Tabela 1 – Relação de alternativas de transporte disponíveis para serviço de *shuttle*

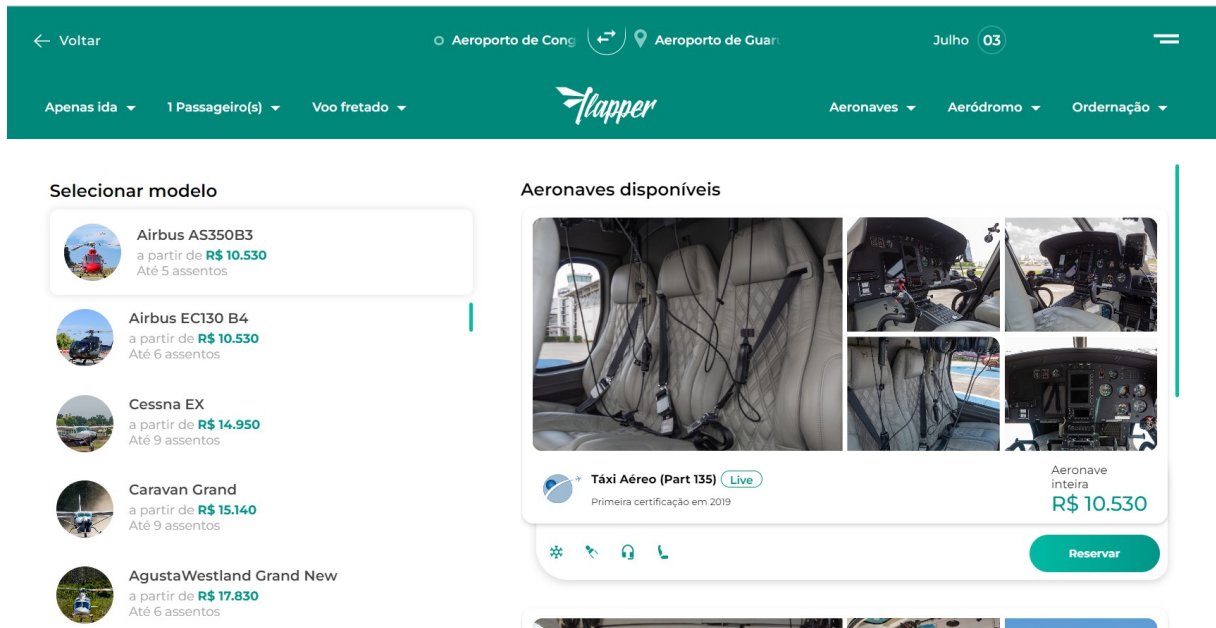


Figura 5 – Simulação de trajeto entre SBGR e SBSP pelo serviço de táxi aéreo Flapper

As viagens de ônibus são naturalmente as mais acessíveis ao passageiro, no entanto todas as alternativas de transporte terrestres demandam uma antecipação do passageiro, justamente para se precaver das condições do trânsito.

Outro fato que se soma à opção terrestre do ônibus é a oferta de assentos. De acordo com uma publicação de 2016 do site especializado *Melhores Destinos* (CASSOL, 2016), além da *Airport Bus Service*, o passageiro tinha à disposição opções de traslado entre SBGR e SBSP por meio de ônibus ofertado pelas companhias Latam e Gol para seus respectivos clientes em conexão. Esse serviço, de acordo com (CASSOL, 2016), era ofertado de hora em hora. Já numa publicação mais recente (GADELHA, 2023), pós pandemia, boa parte da oferta do serviço das companhias foi suspensa, sendo o da Gol completamente suspenso. Isso constitui uma redução forte nas possibilidades que o passageiro tem para fazer a conexão entre aeroportos por valores mais acessíveis. Assumindo um ônibus padrão de 44 lugares, a Tabela 2 apresenta uma estimativa pré e pós pandemia no traslado dos aeroportos.

Companhia	QTD Horários		QTD Assentos	
	Pré pandemia	Pós pandemia	Pré pandemia	Pós pandemia
Airport Bus Service	18	18	792	792
Latam	17	4	748	176
Gol	18	0	792	0
Total	53	22	2332	968

Tabela 2 – Composição da oferta de assentos em ônibus de traslado regulares pré e pós pandemia

Desta forma, é possível perceber uma redução de 58% na oferta de assentos em ônibus de operação regular. É esperado que essa redução deve ser revertida com a volta dos passageiros aos aeroportos. No entanto, cabe ressaltar que os efeitos são bem significativos para quem precisa do serviço. O *eVTOL* se apresenta como uma alternativa, uma proposta que busca ser economicamente viável para integrar os dois aeroportos por via aérea.

A integração das malhas aéreas é outro ponto que pode se beneficiar da atuação de *eVTOLs* na ligação entre os dois aeroportos. As Figuras 6 e 7 apresentam os destinos exclusivos de SBSP e SBGR respectivamente. É notável a grande quantidade de destinos que tem como origem única SBGR, principalmente.

É costumeiro na estratégia das empresas aéreas que operam no sistema de *hubs* que haja uma segregação na operação dos seus *slots*, concentrando voos de perfil mais executivo em aeroportos mais centrais da malha, podendo se favorecer da maior conectividade dos voos, enquanto que destinos com perfil mais turístico são orientados para aeroportos mais periféricos. Essa estratégia tem como ponto fraco justamente a limitação de *slots* que as empresas tem em cada aeroporto, forçando que haja uma separação temporal entre rotas que demandam troca de aeroporto.

O *eVTOL*, de acordo com a análise deste estudo, teria o potencial de reduzir este aspecto, uma vez que a troca de aeroporto seria viabilizada em tempo reduzido de conexão. Esse efeito pode ser observado como a união dos destinos exclusivos de SBGR e SBSP como se partissem do mesmo aeroporto, eliminando a exclusividade, conforme mostra a Figura 8.

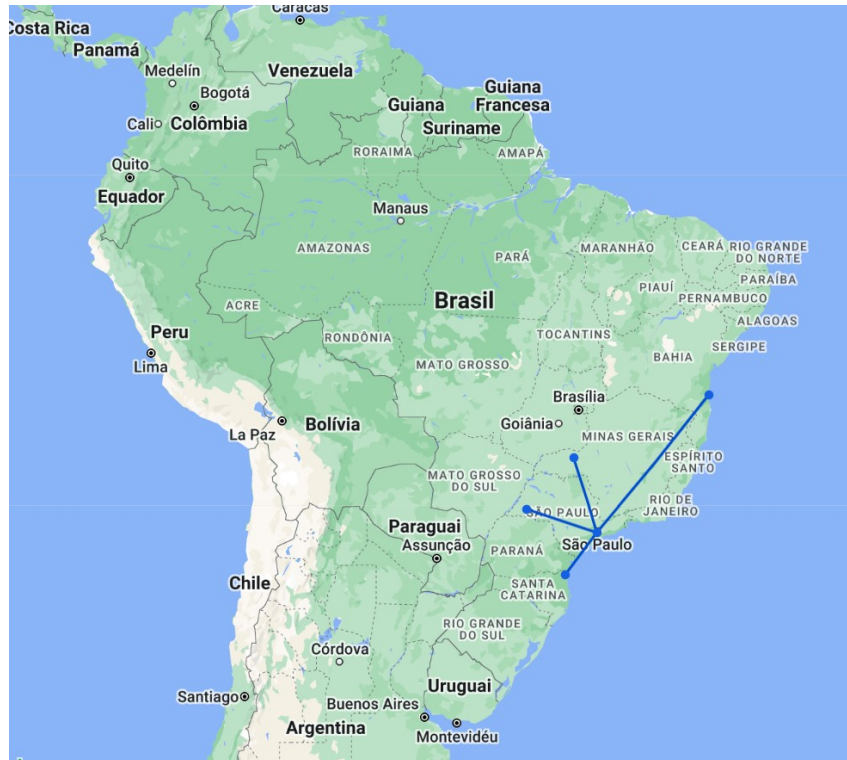


Figura 6 – Mapa dos voos da Gol no dia 18/04/2019 que partem exclusivamente de SBSP

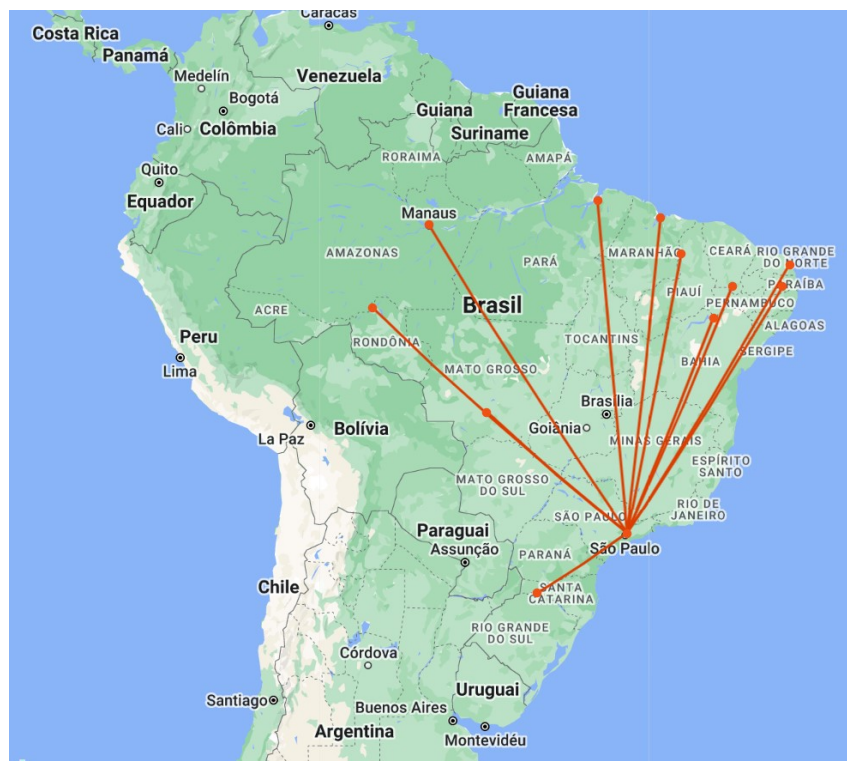


Figura 7 – Mapa dos voos da Gol no dia 18/04/2019 que partem exclusivamente de SBGR



Figura 8 – Exemplo de uma malha em que os voos exclusivos de SBGR e SBSP estivessem plenamente conectados

3 METODOLOGIA

3.1 Base de dados

O estudo partiu do sistema de Voo Regular Ativo (VRA) da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) para o dia 18/04/2019, uma quinta-feira, e ateve-se à empresa GOL Linhas Aéreas. Selecionaram-se apenas voos nacionais com origem ou destino nos aeroportos de São Paulo – Congonhas (código SBSP) e São Paulo – Guarulhos (código SBGR) e baixaram-se os dados do sistema.

3.2 Casos de interesse

A grande extensão territorial brasileira, aliada à disposição populacional, moldam o sistema de *hubs* aéreos no país. Com o propósito de simplificar a análise, definiu-se que o universo de estudo se dará entre as seguintes regiões geográficas do Brasil:

- Norte -> Sul
- Nordeste -> Sul
- Sudeste -> Sul
- Centro-Oeste -> Sul

e os respectivos fluxos de retorno:

- Sul -> Norte
- Sul -> Nordeste
- Sul -> Sudeste
- Sul -> Centro-Oeste

3.3 Modelo de conexão

Com o objetivo de analisar a utilidade a utilidade do serviço aéreo *shuttle* por meio do uso de *eVTOLs*, , considerou-se a situação de um passageiro que chega em SBGR e tem a intenção de seguir viagem seja por SBGR, seja por SBSP, mas sempre com o menor tempo de escala possível.

3.4 Banco de horários

Para a homogeneização dos horários de chegadas e partidas dos aeroportos, foi utilizado um modelo de banco de horários. Nesse modelo, os 1440 minutos do dia são divididos em conjuntos de 10 minutos, sempre começando no minuto zero e terminando no minuto 9. Exemplo: a faixa que vai da 00:00 até 00:09 recebe o banco 1; a faixa que

vai do horário 00:10 até 00:19 recebe o banco 2; e assim sucessivamente. Desta forma são definidos 144 bancos de horários para pousos e decolagens.

3.5 Regras de execução do método

A fim de mapear as combinações de trajetos que se beneficiariam da utilização do serviço de *eVTOL* para o traslado entre aeroportos, foram estabelecidas algumas regras, apresentadas a seguir:

1. Uma conexão em SBGR com distância temporal de apenas 1 banco é considerada inviável, sendo descartada. Exemplo: o passageiro proveniente de SBPL chegando no banco 36 de SBGR e que segue para SBFI, há uma conexão no banco 37 em SBGR, porém essa conexão é descartada por ser inviável. Neste caso, busca-se a próxima conexão viável.
2. Se uma conexão está disponível em SBGR e apresenta uma distância de 2 a 4 bancos, o passageiro permanece em SBGR. Exemplo:

Filter			Filter			Filter		
REGION_ORIG	NE		REGION_DEST	S		REGION_DEST	S	
DEST	SBGR		ORIG	SBGR		ORIG	SBSP	
ORIG	ARR_BANK	Soma de VOO	DEST	DEP_BANK	Soma de VOO	DEST	DEP_BANK	Soma de VOO
SBRF	15	9170	SBNF	60	1266	SBNF	49	1278
	52	1613		105	1268		72	1280
	101	1609		136	1272		88	1592
	116	1619	Total Geral		3806		103	1282
	129	1621					117	1284
Total Geral		15632				Total Geral		6716

Figura 9 – Exemplo da Regra 2

A Figura 9 apresenta o caso de um passageiro proveniente de SBRF e com destino à SBNF. O passageiro chega a SBGR no banco 101 (em azul) e teria como opções próximas os bancos 105 (em verde) no mesmo aeródromo e o banco 103 (em vermelho) em SBSP. Pela regra ele deve permanecer em SBGR, já que a diferença entre os bancos de chegada e partida é de 4.

3. Em caso de empate no banco de partida entre SBGR e SBSP, o passageiro permanece em SBGR por conveniência.
4. Conexões em SBSP só são consideradas para o serviço de *eVTOL* se apresentarem de 5 a 18 bancos de vantagem em relação à SBGR, apenas. Para os casos em que há vantagem em SBSP mas que a diferença temporal é de 19 bancos ou mais, considera-se que o passageiro poderia utilizar a via terrestre para fazer essa transferência, não sendo interessante para a análise.
5. As conexões realizadas em SBSP são divididas em 3 casos: Arrojado, Realista e Precavido.

6. As conexões do grupo Arrojado são realizadas com uma diferença de chegada em SBGR e a partida em SBSP de 5 ou 6 bancos, inclusive. Exemplo:

Filter				Filter				Filter						
2	REGION_ORIG	SE	☑	REGION_DEST	S	☑		REGION_DEST	S	☑				
3	DEST	SBGR	☑	ORIG	SBGR	☑		ORIG	SBSP	☑				
5	ORIG	ARR_BANK	Soma de VOO	DEST	DEP_BANK	Soma de VOO		DEST	DEP_BANK	Soma de VOO		6	9	12
6	=SBVT	4	9180	=SBCT	48	1120		=SBCT	49	1130		ORIG 1	ORIG 1	ORIG 1
7		49	1393		62	1122			55	1132		ARRO	REAL	PREC
8		76	1395		103	1124			61	1134				
9		118	1397		112	1126			75	1138				
10	Total Geral		13365	Total Geral	130	1128		Total Geral	95	1140				
11						5620			111	1142				
12									125	1148				

Figura 10 – Exemplo da Caso Arrojado

Na Figura 10, o passageiro proveniente de SBVT com destino final SBCT chega à SBGR no banco 49 (em azul). Tendo à disposição como conexão o banco 62 de SBGR (em vermelho) e 55 de SBSP (em verde), ele é alocado à conexão de SBSP. Como a diferença de bancos de chegada em SBGR e partida da conexão é de 6, essa conexão é classificada como Arrojada, tal como é representado o número do voo na coluna L, dedicada à operação Arrojada desta origem.

7. As conexões do grupo Realista são realizadas com uma diferença de chegada a SBGR e a partida de SBSP de 7 a 9 bancos, inclusive. Exemplo

Filter				Filter				Filter						
2	REGION_ORIG	CO	☑	REGION_DEST	S	☑		REGION_DEST	S	☑				
3	DEST	SBGR	☑	ORIG	SBGR	☑		ORIG	SBSP	☑				
5	ORIG	ARR_BANK	Soma de VOO	DEST	DEP_BANK	Soma de VOO		DEST	DEP_BANK	Soma de VOO		6	9	12
6	=SBCN	90	9358	=SBFL	37	1264		=SBFL	48	1254		ORIG 1	ORIG 1	ORIG 1
7	Total Geral		9358		48	1242			64	1256		ARRO	REAL	PREC
8					60	1244			73	1280				
9					88	1248			81	1258				
10					103	1250			98	1260				
11					125	1252			131	1964				
12				Total Geral		7500		Total Geral		8272				

Figura 11 – Exemplo da Caso Realista

Na Figura 11, o passageiro proveniente de SBCN com destino final SBFL chega à SBGR no banco 90 (em azul). Tendo à disposição como conexão o banco 103 de SBGR (em vermelho) e 98 de SBSP (em verde), ele é alocado à conexão de SBSP. Como a diferença de bancos de chegada a SBGR e partida da conexão é de 8, essa conexão é classificada como Realista, tal como é representado o número do voo na coluna M, dedicada à operação Arrojada desta origem.

8. As conexões do grupo Precavido são realizadas com uma diferença de chegada a SBGR e a partida de SBSP entre 10 e 18 bancos, inclusive. Exemplo:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Filter				Filter				Filter					
2	REGION_ORIG	N			REGION_DEST	S			REGION_DEST	S				
3	DEST	SBGR			ORIG	SBGR			ORIG	SBSP				
4														
5	ORIG	ARR_BANK	Soma de VOO		DEST	DEP_BANK	Soma de VOO		DEST	DEP_BANK	Soma de VOO	ORIG 1	ORIG 1	ORIG 1
6	SBBE	54	1677		SBLO	125	1108		SBLO	41	1160	ARRO	REAL	PREC
7		98	1681							72	1164			1677
8	Total Geral		3358		Total Geral		1108		Total Geral	107	1166			

Figura 12 – Exemplo da Caso Precavido

Na Figura 12, o passageiro proveniente de SBBE com destino final SBLO chega a SBGR no banco 54 (em azul). Tendo à disposição como conexão o banco 125 de SBGR (em vermelho) e 72 de SBSP (em verde), ele é alocado à conexão de SBSP. Como a diferença de bancos de chegada a SBGR e partida da conexão é de 18, essa conexão é classificada como Precavida, tal como é representado o número do voo na coluna N, dedicada à operação Precavida desta origem.

9. As conexões consideradas viáveis em SBSP mas que tenham distância temporal da mesma conexão em SBGR de 1 banco apenas serão consideradas em SBSP, porém com o comentário de que é uma conexão pouco vantajosa. Exemplo:

Filter			Filter			Filter		
REGION_ORIG	NE		REGION_DEST	S		REGION_DEST	S	
DEST	SBGR		ORIG	SBGR		ORIG	SBSP	
ORIG	ARR_BANK	Soma de VOO	DEST	DEP_BANK	Soma de VOO	DEST	DEP_BANK	Soma de VOO
SBRF	15	9170	SBCT	48	1120	SBCT	49	1130
	52	1613		62	1122		55	1132
	101	1609		103	1124		61	1134
	116	1619		112	1126		75	1138
	129	1621		130	1128		95	1140
Total Geral		15632	Total Geral		5620	Total Geral		7964

Figura 13 – Exemplo da Regra 9

A Figura 13 apresenta um caso de troca de aeroporto viável mas com pouca vantagem. O passageiro proveniente de SBRF que chega no banco 52 a SBGR segue para SBCT pelo banco 61 de SBSP. No entanto, essa conexão classificada como Realista recebe o comentário de ser pouco vantajosa, já que sem a transferência de aeroporto, o passageiro tem disponível uma conexão no banco 62, imediatamente após ao banco de SBSP.

3.6 Procedimento padrão utilizado para encontro de chegadas e partidas

Definidas as regras para criação das conexões entre chegadas e partidas nos aeroportos de São Paulo, criou-se um procedimento para identificar tais conexões.

3.6.1 Planilha de cruzamentos

Para realizar os cruzamentos entre chegadas e partidas, produziu-se uma planilha, alimentada pela base de dados do VRA, e que está representada na Figura 14:

- e) Verifica-se se há casos de origem da segunda perna da viagem partindo apenas de SBSP, tal como o caso de SBJV (Célula I22 da Figura 14). Esses casos são de interesse, mas são tratados de forma mais simples, uma vez que não é necessário comparar com voos que partem também de SBGR.
- f) Para cada voo que chega a SBGR, no caso o voo 1677 - Banco 54, procuram-se as melhores conexões para cada um dos destinos. Segue o exemplo: para o destino de SBCT, temos que a melhor conexão em SBGR é o banco 62 - Voo 1122. Porém, em SBSP, temos à disposição o banco 61 - Voo 1134. Essa conexão cumpre os requisitos.
- g) Como a diferença de bancos é de 7 unidades, escreve-se o código do voo analisado, 1677, na célula M8, que identifica que tal voo de chegada a SBGR pode seguir viagem à SBCT por meio do voo 1134, cumprindo um requisito Realista na utilização do eVTOL como serviço de *shuttle*.
- h) Repete-se o procedimento para todos os voos, completando a tabela de acordo com a numeração da origem.

Alguns detalhes devem ser observados para o preenchimento da planilha:

- Quando o voo da segunda perna "vencedor" é o voo que parte de SBGR, não se completa a planilha de conexões. Conclui-se que esse voo não estará na malha atendida pelo eVTOL.
- Se o voo de conexão não cumprir as regras estabelecidas, como por exemplo o intervalo entre a chegada à SBGR e a partida de SBSP for maior do que 18 bancos, não deve ser preenchida a planilha com aquele código de voo.
- Para os casos que caem na regra de pouca vantagem, coloca-se um comentário na célula do voo alocado com o texto "Número do voo: pouca vantagem". Esses comentários serão utilizados na análise posterior.

A Figura 15 apresenta como a planilha de conexões se compõe quando todos os casos possíveis são identificados:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Filter				Filter				Filter											
2	REGION_ORIG	N	.Y		REGION_DEST	S	.Y		REGION_DEST	S	.Y									
3	DEST	SBGR	.Y		ORIG	SBGR	.Y		ORIG	SBSP	.Y									
4																				
5	ORIG	ARR_BANK	Soma de VOO	DEST	DEP_BANK	Soma de VOO		DEST	DEP_BANK	Soma de VOO		ORIG 1	ORIG 1	ORIG 1	ORIG 2	ORIG 2	ORIG 2	ORIG 3	ORIG 3	ORIG 3
6	SBBE	54	1677 ok	SBCH	46	1298		SBCT	49	1130		ARRO	REAL	PREC	ARRO	REAL	PREC	ARRO	REAL	PREC
7		98	1681 ok		99	1296			55	1132										
8	SBEG	55	1641 ok	SBCT	48	1120			61	1134		1677			1641					1601
9		120	1643 ok		62	1122			75	1138										
10	SBPV	53	1601 ok		103	1124			95	1140										
11	Total Geral		8243		112	1126			111	1142										
12					130	1128			125	1148					1643					
13				SBGX	73	1276			56	1270										
14				SBFI	60	1170			102	1274										
15					96	1172			70	1104										
16					125	1174			48	1254										
17				SBFL	37	1264			64	1256										
18					48	1242			73	1280										
19					60	1244			81	1258										
20					88	1248			98	1260										
21					103	1250			131	1964										
22					125	1252			60	1288	1677				1641					1601
23				SBLO	125	1108			98	1292										
24				SBMG	81	1190			41	1160										
25					137	1114			72	1164										
26					60	1266			107	1166										
27				SBNF	105	1268			43	1150				1681		1677				1641
28					136	1272			99	1154										
29				SBPA	48	1230			133	1156										1643
30					61	1232			49	1278										
31					95	1236			72	1280										
32					112	1238			88	1592										
33					126	1240			103	1282										
34					137	1532			117	1284										

Figura 15 – Visão geral da planilha de exemplo preenchida

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise geral dos voos

Conforme ressaltado em 3, a investigação empírica partiu do sistema de Voo Regular Ativo (VRA) da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) para o dia 18/04/2019, uma quinta-feira, e ateve-se à empresa GOL Linhas Aéreas. Selecionaram-se apenas voos nacionais com origem ou destino nos aeroportos de São Paulo – Congonhas (código SBSP) e São Paulo – Guarulhos (código SBGR).

A base final dos voos analisados contém 428 linhas e 20 colunas, contemplando os 427 voos aplicados ao método desenvolvido. Da base, observam-se as características listadas na Tabela 3. Ela reúne a quantidade de origens e o número de voos que tem como destino os aeroportos de São Paulo, e traz também a quantidade de destinos e o número de voos que partem da capital.

Aeroporto	Qtd Origens	Qtd Voos Origens	Qtd Destinos	Qtd Voos Destinos
SBGR	34	92	34	99
SBSP	28	118	28	118

Tabela 3 – Descritivo da base de dados utilizada no estudo

A Tabela 4 apresenta uma visão da base de dados por região brasileira, mostrando os destinos e quantidade de voos partindo de São Paulo.

Região Brasileira	SBGR	SBSP
CO (Voos, Destinos)	(15, 5)	(16,4)
N (Voos, Destinos)	(3,3)	(0,0)
NE (Voos, Destinos)	(30,13)	(16,8)
S (Voos, Destinos)	(29,9)	(39,9)
SE (Voos, Destinos)	(15,4)	(47,7)

Tabela 4 – Descritivo da base de dados utilizada no estudo: composição por região brasileira

Das Tabelas 3 e 4 pode-se observar uma concentração maior de destinos para o Sul do país por meio de SBSP, enquanto que os voos provenientes do Norte e Nordeste têm maior recepção por SBGR. Essas características apontam para uma possível utilização do serviço de *shuttle* entre os aeroportos por meio de *eVTOLs*, conforme já adiantado na seção 2.

4.2 Caso 1 - Fluxo partindo do Sul

Nesta seção são apresentados os resultados da análise do fluxo partindo do Sul, ou seja, voos que saem do Sul do País e vão para o Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, chegando à São Paulo por SBGR e partindo de SBSP em direção ao destino final.

A análise combinatória dos voos que chegam a SBGR e partem de SBSP produz 1457 possibilidades, factíveis ou não. Destas, busca-se encontrar quais casos, de acordo com as regras estabelecidas neste estudo, compõem o mercado endereçável ao eVTOL enquanto um serviço de *shuttle*.

Aplicando a metodologia proposta, têm-se os resultados a seguir:

Região de destino	CO	N	NE	SE
Conexões possibilitadas	31	0	58	104

Tabela 5 – Conexões possibilidades por Região Brasileira

De acordo com a Tabela 5, surge um total de 193 conexões possíveis. Olhando-se agora para as origens na Região Sul mais favorecidas pela instalação de um sistema de conexão eVTOL na metrópole paulistana, temos a seguinte figura:

Aeroporto de Origem	Conexões CO	Conexões N	Conexões NE	Conexões SE	Total
SBCH	3	0	6	6	15
SBCT	4	0	10	22	36
SBCX	2	0	2	4	8
SBFI	1	0	6	13	10
SBFL	8	0	10	19	37
SBLO	1	0	2	5	8
SBMG	3	0	4	7	14
SBNF	5	0	8	11	24
SBPA	4	0	10	17	31
Soma	31	0	58	104	193

Tabela 6 – Origens Sulistas mais favorecidas pelo serviço de *shuttle* aéreo

Um aspecto notável – embora não surpreendente – é a elevada correlação entre o número de voos de cada uma das cidades da região Sul para o aeroporto de São Paulo – Guarulhos, e o número de conexões que se tornam possíveis com o uso do eVTOL: 93%.

Para completar, a Tabela 7 apresenta os aeroportos do Sul do País mais favorecidos em cada Região Brasileira de destino.

Região	CO	N	NE
Conexões	SBBR (11)	SBSV (16)	SBRJ (26)
	SBCN (7)	SBRF (10)	SBCF, SBGL (18)
	SBGO (7)	SBJP (9)	SBUL (15)
	SBCG (6)	SBAR (6)	SBDN (13)
		SBIL, SBMO (5)	SBVT, SBZM (7)

Tabela 7 – *TOP Five* destinos sulistas com suas regiões de origem

Por fim, do ponto de vista qualitativo, temos as conexões por região brasileira de destino com base na classificação determinada no estudo:

Região	Conexões CO	Conexões N	Conexões NE	Conexões SE	Total
Arrojado	7	0	9	21	37
Realista	6	0	10	25	41
Precavido	18	0	39	58	115
Total	31	0	58	104	193

Tabela 8 – Perfil qualitativo das conexões viabilizadas

Desta forma, tem-se uma composição de 19,2% arrojadas, 21,2% realistas e 59,6% precavidas.

4.3 Caso 2 - Fluxo de retorno

Nesta seção são apresentados os resultados da análise do fluxo em direção ao Sul, ou seja, voos que partem do Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste, que chegam a SBGR e têm prosseguimento de viagem para o Sul via SBSP.

Aplicando a metodologia proposta, têm-se os resultados a seguir:

Região de destino	CO	N	NE	SE
Conexões possibilitadas	42	13	56	27

Tabela 9 – Conexões possibilidades por Região Brasileira

Da Tabela 9, observamos a primeira diferença com relação ao Caso 1. Desta vez, a introdução da alternativa de deslocamento aéreo entre os aeroportos que servem a metrópole paulistana é capaz de possibilitar voos do Sul para a região Norte.

No entanto, tem-se também uma redução nas possibilidades de conexões, uma característica que se deve principalmente pelo esquema de horários de operação em SBGR.

Aeroporto de Destino	Conexões CO	Conexões N	Conexões NE	Conexões SE	Total
SBCT	10	4	11	8	33
SBCX	3	0	8	2	13
SBFI	0	0	1	0	1
SBFL	3	0	1	2	6
SBJV	8	3	6	4	21
SBLO	5	3	4	2	14
SBMG	4	1	7	5	17
SBNF	3	1	11	3	18
SBPA	6	1	7	3	17
Soma	42	13	56	29	140

Tabela 10 – Destinos Sulistas mais favorecidos pelo serviço de *shuttle* aéreo

No caso do Caso 2 temos uma queda na correlação entre as conexões realizadas e os voos que chegam ao Sul por meio de SBSP, chegando a 39%. Essa queda é esperada pois neste caso temos possíveis chegadas por ambos os aeroportos e a flexibilidade de voos de SBGR no que diz respeito às primeiras horas da manhã acaba por "roubar" as conexões por SBSP.

Região	CO	N	NE	SE
Conexões	SBCT (10)	SBCT (4)	SBCT, SBNF (11)	SBCT (8)
	SBJV (8)	SBJV, SBLO (3)	SBCX (8)	SBMG (5)
	SBGO (6)	SBMG, SBNF, SBPA (1)	SBMG, SBPA (7)	SBJV (4)
	SBCG (5)		SBJV (6)	SBNF, SBPA (3)
	SBMG (4)		SBLO (4)	SBCX, SBFL, SBLO (2)

Tabela 11 – *TOP Five* destinos sulistas com suas regiões de origem

Por fim, do ponto de vista qualitativo, temos as conexões por região brasileira de destino com base na classificação determinada no estudo:

Região	Conexões CO	Conexões N	Conexões NE	Conexões SE	Total
Arrojado	13	5	11	8	37
Realista	14	5	16	7	42
Precavido	15	3	29	12	59
Total	42	13	56	27	138

Tabela 12 – Perfil qualitativo das conexões viabilizadas

Desta forma, tem-se uma composição de 16,8% arrojadas, 30,4% realistas e 42,8% precavidas.

4.4 Discussões

4.4.1 Mercado de conexões endereçável

A fim de avaliar o tamanho do mercado endereçável pela utilização de *eVTOLs* no serviço *shuttle* entre os dois principais aeroportos de São Paulo,, dois aspectos são interessantes de serem levados em conta: a quantidade de conexões encontradas; e a estrutura de malha aérea existente. Do primeiro quesito, partimos da análise combinatória de todas as origens e destinos (1457 possibilidades) e comparamos com a quantidade de conexões encontradas no método:

$$N = \frac{\text{Casos aplicáveis}}{\text{Todas as possibilidades}} = \frac{193}{1457} = 13,2\% \quad (4.1)$$

O segundo ponto relevante é a ausência de conexões vindas do Norte para o Sul (5). Esse fato influencia o mercado endereçável pois, numa futura implementação do sistema de *shuttle*, seria possível modificar a organização de *slots* nos aeroportos para possibilitar mais conexões.

4.4.2 Precificação de passagens

Um aspecto pouco divulgado, principalmente pelo estágio atual dos projetos de *eVTOLs* é a questão do preço das passagens para a utilização de tais modais. De acordo com o que se levantou no capítulo 2, o preço de um serviço de transferência entre os aeroportos da capital paulistana varia de R\$40 por assento até R\$ 2 mil por assento num serviço de táxi aéreo. Essa referência é relevante uma vez que um serviço de *eVTOLs* faz-se relevante na medida em que opere dentro desta faixa e não acima dela.

Outro aspecto vem do contexto de utilização de *eVTOLs* tal como foi explorado nesse trabalho: permitir conexões que hoje não são possíveis por questões de tempo entre voos. Parece razoável pensar que a utilização de um modal para viabilizar

uma conexão rápida não seja muito mais caro do que a compra de uma passagem que possa ser atingida por via tradicional, em especial a via terrestre. Desta forma podemos pensar que o mercado consumidor deste modal de *shuttle* é limitado por aqueles que precisam de uma conexão mais rápida para poder seguir viagem mas que não são exigentes a ponto de demandar uma transferência por helicóptero.

A viabilidade e, principalmente, sustentabilidade econômica da utilização destas aeronaves para o fim de *shuttle* entre os aeroportos passa necessariamente pelo controle de custos, tanto de investimento como operacionais, para que se façam competitivos aos modais tradicionais. A perspectiva é positiva, na medida em que tem sido explorada a propulsão por meio de baterias, eliminando os custos de combustível aeronáutico, mas há muito para ser explicado no que diz respeito ao dia a dia dessas aeronaves na mão dos operadores.

4.4.3 Oportunidades interioranas

Outro aspecto relevante é o encontro de oportunidades de conexão de aeroportos do interior dos estados do Sul que normalmente não são bem servidos de voos. Temos como exemplo SBCX, que no caso 1 recebeu 8 conexões viáveis e no, caso 2, 13 conexões. Esse fato levanta uma discussão sobre explorar oportunidades em aeroportos menores. Com a disponibilização de conexões viáveis, a integração do interior dos Estados Brasileiros por via aérea pode estimular o desenvolvimento de regiões antes improváveis, seja por meio de turismo como de negócios.

4.4.4 Processos de *check-in* e estrutura de segurança

Uma das possíveis vantagens que se observa na possibilidade de um *shuttle* aéreo é a economia de tempo com processos de *check-in* em conexões.

É sabido que numa conexão que envolva troca de aeroporto, o passageiro é obrigado não só de realizar todo o procedimento de *check-in* da segunda perna do voo, seja via app da companhia ou no balcão. Desta forma, além de precisar contar com o tempo de troca de aeroporto, o passageiro deve se atentar para o tempo necessário para se concluir os procedimentos de *check-in*, eventual despacho de bagagem de mão e liberação pela segurança do aeroporto ao adentrar na sala de embarque. A depender do horário, todo esse procedimento pode levar tempo, o que pode colocar em risco uma conexão a ser realizada num prazo mais apertado.

O emprego dos *eVTOLs* pode resolver essa questão. Uma vez que o passageiro, na sua primeira perna da viagem, já passou pelos procedimentos de segurança, é plenamente possível que ele não saia da área de embarque e faça a conexão com o *eVTOLs*

dentro da área de *clearence* do aeroporto, seguindo direto para a área de embarque do aeroporto de origem da segunda perna. Nessa configuração, a operação funciona como se as áreas de embarque estivessem conectadas fisicamente, permitindo que passageiros transitem de um portão de embarque ao outro sem que a segurança da operação aérea seja comprometida.

É claro que essa operação ainda precisa ser desenhada. Uma das questões é qual espaço físico, no exemplo de SBSP e SBGR, vão ser ocupados pelos "vertiportos" (espaços dedicados à operação dos *eVTOLs*). Além disso, a estrutura aeroportuária deverá garantir que o passageiro não tenha contato com o meio externo à área de *clearence* a fim de não reduzir o nível de segurança aérea.

4.4.5 Custos jurídicos nas operações aéreas

Os casos em que há perda de conexão por atraso na primeira perna da viagem podem significar custos extras para as companhias aéreas. A ANAC estabelece uma série de obrigações a depender do tamanho do atraso sofrido pelo passageiro em sua viagem ([ANAC, 2022b](#)).

Além disso, se popularizou nos últimos anos empresas advocacias especializadas em reivindicar os direitos dos passageiros que foram lesados pelas companhias aéreas, mais fortemente na Europa. Esses processos, a depender do período do ano, podem se tornar relevantes na lucratividade das empresas. Num cenário desses, o emprego dos *eVTOLs* a fim de mitigar esses custos advocatícios pode viabilizar esta modalidade de transporte em aeroportos mais críticos.

5 CONCLUSÃO

Com este trabalho, foi possível avaliar uma possível implementação do sistema de *shuttle* por via aérea utilizando eVTOLs. Foi possível compreender as possibilidades de integração entre os dois aeroportos paulistanos e o potencial de expansão da malha aérea viável. A discussão sobre esta alternativa de transporte se estende a outras questões:

- A infraestrutura dos ditos "vertiportos": como será essa implementação?
- O controle do espaço aéreo: na condição da cidade com maior número de helicópteros do mundo, São Paulo será um case importante e complexo para o controle do espaço aéreo, na medida em que a utilização dos *eVTOLs* colocará mais complexidade em um sistema já carregado.
- A construção da malha aérea: as empresas, conforme foi mostrada no estudo, tem a possibilidade de modificar suas malhas para aproveitar melhor conexões não convencionais
- A utilização de aeroportos não centrais: os *eVTOLs* poderão ser utilizados para integrar aeroportos subutilizados para desafogar grandes *hubs*?
- As capacidades dos *eVTOLs*: uma vez certificados, como serão as capacidades dessas aeronaves no que diz respeito a alcance, velocidade, despachabilidade? Essas questões serão vitais para compreender como serão os custos de implementação deste meio de transporte.

REFERÊNCIAS

- ANAC. Processo de certificação de tipo de evtol tem início na anac. 2022. <https://www.gov.br/anac/pt-br/noticias/2022/processo-de-certificacao-de-tipo-de-evtol-tem-inicio-na-anac>.
- _____. Saiba as obrigações das empresas aéreas em caso de atraso e cancelamentos de voos. <https://www.gov.br/pt-br/noticias/viagens-e-turismo/2022/10/saiba-as-obrigacoes-das-empresas-aereas-em-caso-de-atraso-e-cancelamentos-de-voos>, 2022.
- BASSETO, M. Gol terá 250 aeronaves elétricas va-x4 para o mercado aéreo brasileiro. 2021. <https://aeroin.net/gol-tera-250-aeronaves-eletricas-va-x4-para-o-mercado-aereo-brasileiro/>.
- BP. What is sustainable aviation fuel (saf)? <https://www.bp.com/en/global/air-bp/news-and-views/views/what-is-sustainable-aviation-fuel-saf-and-why-is-it-important.html>, 2021.
- CARDOSO, M. Azul e liliu anunciam acordo bilionário para evtol. 2021. <https://aeromagazine.uol.com.br/artigo/azul-e-liliu-anunciam-acordo-bilionario-para-evtols6935.html>.
- CASSOL, L. Chegando e saindo do aeroporto de Congonhas em São Paulo. 2016. <https://www.melhoresdestinos.com.br/aeroporto-congonhas-dicas-metro-onibus-uber-taxi.html>.
- GADELHA, D. Como ir do aeroporto de Guarulhos para Congonhas (e vice-versa)? conheça todas as opções. 2023. <https://www.melhoresdestinos.com.br/transporte-congonhas-guarulhos.html>.
- GOL. Gol lançará malha aérea com 250 aeronaves evtol no Brasil. 2021. https://ri.voegol.com.br/download_arquivos.asp?id_arquivo=9C86901D-095B-4097-85A1-77B79FA8ECC4.
- GRU. Resumo de movimentação aeroportuária - rma. 2018. <https://www.gru.com.br/pt/institucional/sobre-gru-airport/informacoes-operacionais>.
- GUARULHOS, D. A. histórico municipal de. **Aeroporto Internacional de Guarulhos**. 1987. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Aeroporto_Internacional_de_S%C3%A3o_Paulo-Guarulhos#/media/Ficheiro:Fotografia_hist%C3%B3rica_de_Guarulhos_41.jpg>.
- JOSHI, G. Etihad celebrates its first Japanese SAF delivery. **Simple Flying**, 2022.
- LEE D.W. FAHEY, A. S. M. A. U. B. Q. C. S. D. S. F. P. F. J. F. A. G. R. D. L. L. L. M. L. R. M. B. O. J. P. G. P. M. P. R. S. L. W. D. The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018. **Atmospheric Environment**, 2021. Volume 244.
- PASSOS, E. Em 2004, voos comerciais entre Guarulhos e Congonhas competiam com táxis. 2021. <https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/em-2004-voos-comerciais-entre-guarulhos-e-congonhas-competiam-com-taxis>.

SWISS. Swiss becomes first commercial airline to fly from switzerland with sustainable aviation fuel. <https://blog.swiss.com/en/2021/07/swiss-first-commercial-airline-sustainable-aviation-fuel/>, 2021.

VINHOLES, T. Heart aerospace lança novo projeto de avião regional com motor híbrido. 2022. <https://www.airway.com.br/heart-aerospace-lanca-novo-projeto-de-aviao-regional-com-motor-hibrido/>.