

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

AMANDA DA SILVEIRA DUTRA

**AVALIAÇÃO DO COMPRIMENTO DA PISTA DE POUSO E
DECOLAGEM – ESTUDO DE CASO: AEROPORTO INTERNACIONAL
DE FLORIANÓPOLIS**

FLORIANÓPOLIS, 2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA - CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

AMANDA DA SILVEIRA DUTRA

**AVALIAÇÃO DO COMPRIMENTO DA PISTA DE POUSO E
DECOLAGEM – ESTUDO DE CASO: AEROPORTO INTERNACIONAL
DE FLORIANÓPOLIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Santa
Catarina como parte dos requisitos para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Orientador:
Prof. Dr. Fábio Krueger da Silva

FLORIANÓPOLIS, 2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Dutra, Amanda da Silveira

Avaliação do comprimento da pista de pouso e decolagem
- estudo de caso: Aeroporto Internacional de Florianópolis
/ Amanda da Silveira Dutra; orientação de Fábio
Krueger da Silva. - Florianópolis, SC, 2022.
100 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado
em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico
de Construção Civil.
Inclui Referências.

1. Aeroporto. 2. Pista de pouso e decolagem. 3.
Comprimento da pista. 4. Aeroporto Internacional de Florianópolis.
5. Estudo de demanda de carga aérea. I. Silva,
Fábio Krueger da. II. Instituto Federal de Santa
Catarina. III. Avaliação do comprimento da pista de
pouso e decolagem - estudo de caso: Aeroporto Internacional

AVALIAÇÃO DO COMPRIMENTO DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM – ESTUDO DE CASO: AEROPORTO INTERNACIONAL DE FLORIANÓPOLIS

AMANDA DA SILVEIRA DUTRA

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 17 de março de 2022.

Banca Examinadora:


Fábio Krueger da Silva
PROFESSOR
SIAPE 1695463
IFSC - Campus Florianópolis

Prof. Fábio Krueger da Silva, Dr.



Documento assinado digitalmente
Alexandre Hering Coelho
Data: 06/04/2022 09:13:37-0300
CPF: 758.478.099-72
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Alexandre Hering Coelho, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Milena de Mesquita Brandao
Data: 05/04/2022 18:34:06-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Milena de Mesquita Brandão, Ma.

Instituto Federal de Santa Catarina



Eng. Nilton Goldner, Msc.

Oficial da Reserva da Aeronáutica

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por guiar toda a minha trajetória. Foi Ele quem me protegeu, me deu sabedoria e força para seguir os meus sonhos.

À minha família, em especial a minha mãe Rute Maria da Silveira e meu pai Claudinei José Dutra, a educação, dedicação e amor de vocês me fizeram chegar até aqui, e me tornar uma pessoa cada vez melhor. Sem vocês, nada disso seria possível. Aos meus avós, por parte de mãe Maria e Alcebíades, e por parte de pai Julieta e José, vocês lutaram muito durante toda a vida e essa conquista também é de vocês. Agradeço às crianças da família, minhas afilhadas, sobrinhas e sobrinhos, que enchem a minha vida de alegria e renovam as minhas energias.

Ao meu namorado Bruno, por toda a paciência e companheirismo durante todo o período de graduação. Obrigada por acreditar no meu potencial e apoiar todos os meus sonhos.

Ao orientador Fábio Krueger da Silva, todo o seu auxílio e dedicação durante toda a graduação e durante esse trabalho, foi desafiador, mas o que nos desafia, nos transforma. Obrigada pelo apoio técnico e emocional nesse período. A banca examinadora, professor Alexandre, que ministra a disciplina de Aeroportos na UFSC e compartilhou todo o seu conhecimento e tempo, e também a prof. Milena por contribuir com sua experiência.

Ao Engenheiro Nilton Goldner, participante da banca, por todo o tempo dedicado em transmitir conhecimentos técnicos e compartilhar suas experiências na área de aeroportos. Inspiro-me muito na sua trajetória, obrigada pela generosidade e por todo o aprendizado.

A todos os professores do IFSC e profissionais do DACC, durante todos esses anos de faculdade transmitiram o seu conhecimento em cada matéria ministrada, obrigada por acreditarem no meu potencial de aluna e futura profissional.

Aos meus amigos que, de perto ou de longe, me apoiaram. As amigas que construí nesses anos de curso, e que levarei para a vida. Todos que de alguma maneira contribuíram, obrigada por torcerem por mim e me apoiarem.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará ao seu tamanho original”

Albert Einstein

RESUMO

O Aeroporto Internacional de Florianópolis, desde meados de 2017, está sob comando do grupo *Zurich Airport*, que realizou diversas melhorias na infraestrutura do aeroporto, permitindo então uma nova rota de voo com transportes de cargas aéreas entre Miami, nos Estados Unidos da América (EUA) e Florianópolis, localizada em Santa Catarina, no Brasil (BR). Com essa nova perspectiva de expansão da movimentação de cargas entre a cidade de Florianópolis e o mercado internacional, motivou o presente trabalho que tem o objetivo de analisar o consumo de combustível e a atual situação do comprimento da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional de Florianópolis, verificando a relação *payload-range* para atender à aeronave tipo desse estudo, o Boeing 767-300F, na rota de voo Miami (MIA) - Florianópolis (FLN) e na rota Lisboa (LIS) - Florianópolis (FLN). Além disso, é feito um estudo de demanda de carga aérea. Os resultados deste estudo mostram que para a situação de pouso em Florianópolis não há restrição na carga paga devido ao comprimento da pista de pouso e decolagem, porém para a decolagem de Florianópolis com destino a Miami e Lisboa, considerando o peso estrutural máximo no comprimento atual, há uma limitação considerável de 26% e 35% respectivamente, na quantidade de carga paga que pode ser transportada. Com isso, a ampliação de pista aumentaria a quantidade de carga paga máxima a ser transportada nesses trechos. Porém, a necessidade de ampliação estaria associada a uma análise aprofundada de demanda com resultados expressivos de crescimento na exportação e análise em relação ao Plano de Zona de Proteção.

Palavras-Chave: Aeroporto. Pista de pouso e decolagem. Comprimento da pista. Aeroporto Internacional de Florianópolis. Estudo de demanda de carga aérea.

ABSTRACT

The Florianópolis International Airport, since march 2017, has been under the management of the Zurich Airport group, which has made several improvements to the airport facilities, then allowing a new flight route with air cargo transportation between Miami, in the United States of America (USA) and Florianópolis, located in Santa Catarina, Brazil (BR). With this new perspective of expanding air cargo movement between the city of Florianopolis and the international market, this paper aims to analyze the consumption of fuel and the current situation of the runway length at the Florianópolis International Airport, checking its load capacity and range to serve the aircraft of this study, Boeing 767-300F, on the flight route Miami (MIA) – Florianópolis (FLN) and on the route Lisboa (LIS) – Florianópolis (FLN). In addition, an air cargo study is done. The results of this study show that for the landing situation in Florianópolis there is no restriction on the payload due to the length of the runway, but for the takeoff from Florianópolis to Miami and Lisbon, considering the maximum structural weight in the current length, there is considerable limitation of 266% and 35% respectively, on the amount of cargo paid that can be transported. With this, the expansion of the runway would increase the maximum amount of payload to be carried in these sections. However, the need for expansion would be associated with an in-depth air cargo analysis with significant results of export growth and analysis in the Obstacle Limitation Surfaces.

Keywords: Airport. Runway. Runway length. Florianópolis International Airport. Air Cargo study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Rodadas de concessões de aeroportos no Brasil	21
Figura 2 – Movimentação de cargas, em tonelada, pelo modo aéreo no Brasil 2011-2020	24
Figura 3 – Localização dos aeroportos que realizam transporte de carga aérea em Santa Catarina	26
Figura 4 – Movimentação de Carga Paga (ton) da nova rota da aeronave cargueira entre Miami e Florianópolis: Aeroporto Internacional de Florianópolis	28
Figura 5 – Exemplo de ábaco: relação entre carga paga e alcance.....	31
Figura 6 – Fases de voo.....	33
Figura 7 – Dimensões das aeronaves.....	35
Figura 8 – Distâncias da pista em pouso, decolagem com falha e decolagem sem falha	39
Figura 9 – Velocidade e distâncias em situações de decolagem com um motor inoperante ou decolagem abortada.....	40
Figura 10 – Velocidade e distâncias nas situações de decolagem com todos os motores funcionando.....	40
Figura 11 – Comprimento da pista necessária para pouso	42
Figura 12 – Distâncias declaradas	44
Figura 13 – Fluxograma das atividades	48
Figura 14 – Exemplo de ábaco do Boeing 767-300F: relação entre comprimento da pista de pouso e decolagem e o peso máximo de decolagem	53
Figura 15 – Exemplo de ábaco do Boeing 767-300F: relação entre o comprimento da pista de pouso e decolagem e o peso máximo de pouso.....	54
Figura 16 – Ábaco do Boeing 737-900: relação do comprimento da pista de pouso e decolagem e do peso máximo de decolagem	56
Figura 17 – Ábaco do Boeing 737-900: relação do comprimento da pista de pouso e decolagem e do peso máximo de pouso.....	57
Figura 18 – Dimensões da aeronave Boeing 767-300F – vista de cima e de perfil...60	
Figura 19 – Dimensões da aeronave Boeing 767-300F – vista de frente.....60	
Figura 20 – Distâncias da pista de pouso e decolagem 14/32	63
Figura 21 – Análise do comprimento da pista em Miami do Boeing 767-300F – PMD de 186.880kg.....	68

Figura 22 – Payload/range do Boeing 767-300F com motor CF6-80C2F – Miami para Florianópolis – PMD de 186.880kg	69
Figura 23 – Análise do comprimento da pista em Florianópolis do Boeing 767-300F – PMP de 147.871kg.....	71
Figura 24 – Análise do peso de decolagem admissível da pista de Florianópolis decolando com o Boeing 767-300F – comprimento atual da pista.....	72
Figura 25 – Payload/range do Boeing 767-300F com motor CF6-80C2F – Florianópolis para Miami – PMD de 186.880kg.....	73
Figura 26 – Análise do comprimento da pista em Lisboa do Boeing 767-300F – PMD de 186.880kg.....	75
Figura 27 – Payload/range do Boeing 767-300F com motor CF6-80C2F – Lisboa para Florianópolis – PMD de 186.880kg	76
Figura 28 – Payload/range do Boeing 767-300F com motor CF6-80C2F – Lisboa para Florianópolis – PMD de 176.152kg	78
Figura 29 – Ábaco de pouso do Boeing 767-300F – análise de Lisboa	79
Figura 30 – Projeções de movimentação de carga aérea importada dos Estados Unidos para Santa Catarina: observado (2001-2021) e projetado (2022-2041).....	81
Figura 31 – Movimentação de carga aérea importada de Portugal para Santa Catarina: observado (2001-2021).....	82
Figura 32 – Itens importados dos Estados Unidos para Santa Catarina (2018-2021) em toneladas.....	84
Figura 33 – Itens importados de Portugal para Santa Catarina (2018-2021) em toneladas.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Volume de carga aérea no Brasil: doméstica, exportada e importada	25
Tabela 2 – Código de referência do aeródromo	37
Tabela 3 – Características do peso do Boeing 737-900	55
Tabela 4 – Características de Performance da aeronave B767-300F	61
Tabela 5 – Características da pista de pouso e decolagem 14/32	63
Tabela 6 – Distâncias declaradas da pista de pouso e decolagem 14/32	64
Tabela 7 – Cálculo de combustível entre aeroporto origem e destino	66
Tabela 8 – Combustível mínimo para as rotas Miami (MIA) – Florianópolis (FLN) e Lisboa (LIS) – Florianópolis (FLN).....	67
Tabela 9 – Análise da Carga Paga Admissível para o trecho de Miami-Florianópolis	70
Tabela 10 – Análise da Carga Paga Admissível para o trecho de Lisboa-Florianópolis	76
Tabela 11 – Análise da CPM para o trecho de Lisboa-Florianópolis.....	80
Tabela 12 – Itens importados dos Estados Unidos pelo Aeroporto Internacional de Florianópolis (2018-2021) em toneladas	85
Tabela 13 – Itens exportados dos Estados Unidos pelo Aeroporto Internacional de Florianópolis (2018-2021) em toneladas	86
Tabela 14 – Itens exportados de Santa Catarina para Portugal (2018-2021) em toneladas.....	88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC – *Advisory Circular*

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento

BR – Brasil

CNT – Confederação Nacional de Transportes

CPM – Carga Paga Máxima

CWY – *Clearway* (zona livre de obstáculos)

DECEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo

DF – Distrito Federal

EUA – Estados Unidos da América

FAA – *Federal Aviation Administration*

FLN – Aeroporto Internacional de Florianópolis

IATA – *International Air Transport Association*

ICAO – *International Civil Aviation Organization*

INFRACEA – Controle do Espaço Aéreo

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

LIS – Aeroporto Internacional de Lisboa

MG – Minas Gerais

MIA – Aeroporto Internacional de Miami

MTOW – *Maximum Takeoff Weights*

OACI – Organização da Aviação Civil Internacional

PBO – Peso Básico Operacional

PPD – Pista de Pouso e Decolagem

PIB – Produto Interno Bruto

PMD – Peso Máximo de Decolagem

PMP – Peso Máximo de Pouso

POV – Peso Operacional Vazio

PT – Portugal

PZC – Peso de Zero Combustível

RBAC – Regulamento Brasileiro da Aviação Civil

RESA – *Runway end Safety Area*

RJ – Rio de Janeiro

RN – Rio Grande do Norte

SBFL – Aeroporto Internacional de Florianópolis

SP – São Paulo

SWY – *Stopway* (zona de parada)

TECA – Rede de Terminais de Logísticas de Carga

TPS – Terminal de Passageiros

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Justificativa	17
1.2	Objetivos.....	18
1.2.1	Objetivo geral.....	18
1.2.2	Objetivos específicos.....	19
1.3	Limitações.....	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	Concessão dos aeroportos	20
2.1.1	Concessão do Aeroporto Internacional de Florianópolis.....	22
2.2	Movimentação de cargas via transporte aéreo	23
2.2.1	Transporte aéreo de cargas em Santa Catarina	25
2.2.2	Transporte aéreo de cargas em Florianópolis	26
2.3	Classificação das aeronaves	29
2.4	<i>Payload-range</i>	29
2.5	Consumo de combustível	32
2.6	Conceitos para o dimensionamento do comprimento da pista de pouso e decolagem.....	33
2.6.1	Características básicas das aeronaves	34
2.6.2	Características físicas da pista	35
2.6.2.1	<i>Classificação dos aeroportos e aeródromos</i>	36
2.6.2.2	<i>Composição de peso da aeronave</i>	37
2.6.2.3	<i>Lado ar</i>	38
2.6.2.4	<i>Comprimento da pista de pouso e decolagem</i>	39
2.6.2.5	<i>Distâncias declaradas</i>	43
2.7	Estudo de demanda – Método quatro etapas	44
2.8	Órgãos reguladores	46
3	MÉTODO	48
3.1	Cálculo do consumo de combustível	48
3.2	Método de dimensionamento do comprimento de pista de pouso e decolagem.....	50
3.2.1	Exemplo de dimensionamento do comprimento da pista de pouso e decolagem.....	54

3.3	Estudo de demanda.....	58
4	CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS.....	59
4.1	Aeronave tipo.....	59
4.2	Sítio aeroportuário	61
4.2.1	Aeroporto Internacional de Florianópolis	61
4.2.2	Aeroporto Internacional de Miami	64
4.2.3	Aeroporto Internacional de Lisboa	65
5	RESULTADOS	66
5.1	Consumo de combustível	66
5.2	Análise do comprimento atual da pista de pouso e decolagem	67
5.2.1	Verificação do Aeroporto Internacional de Miami – decolagem com peso máximo de decolagem (PMD) no comprimento atual em Miami	67
5.2.2	Verificação do Aeroporto Internacional de Florianópolis – pouso na pista com o comprimento atual, considerando a aeronave decolando com o peso máximo de decolagem (PMD) do Aeroporto Internacional de Miami	70
5.2.3	Verificação do Aeroporto Internacional de Florianópolis - peso de decolagem admissível do Boeing 767-300F decolando de Florianópolis com o comprimento atual da pista	72
5.2.4	Verificação do Aeroporto Internacional de Florianópolis – decolagem com peso máximo de decolagem (PMD)	74
5.2.5	Verificação do Aeroporto Internacional de Miami – decolagem de Florianópolis com o peso de decolagem admissível considerando a pista atual de Florianópolis	74
5.2.6	Verificação do Aeroporto Internacional de Lisboa – decolagem com peso máximo de decolagem (PMD) no comprimento atual em Lisboa	75
5.2.7	Verificação do Aeroporto Internacional de Florianópolis – <i>payload</i> do Boeing 767-300F com o peso de decolagem admissível de Florianópolis no comprimento atual da pista	77
5.2.8	Verificação do Aeroporto Internacional de Lisboa – aeronave decolando de Florianópolis com o peso de decolagem admissível na pista atual de Florianópolis	78
5.2.9	Análise dos resultados obtidos para o dimensionamento da pista de pouso e decolagem.....	80
5.3	Estudo da demanda de carga aérea.....	80

5.3.1	Análise do transporte aéreo – importação e exportação com os Estados Unidos.....	83
5.3.2	Análise do transporte aéreo – importação e exportação com Portugal	86
6	CONCLUSÕES	89
6.1	Sugestões para trabalhos futuros	90
	REFERÊNCIAS.....	91
	APÊNDICE A – Evolução histórica do transporte aéreo	95
	APÊNDICE B – Principais características do modo aéreo	98

1 INTRODUÇÃO

Desde o início do século XX, a aviação vem conquistando espaço de destaque pelo mundo, se tornando uma das mais complexas e importantes indústrias (HORONJEFF *et al.*, 2010). O transporte aéreo, em nível mundial, está em constante expansão devido à sua facilitação tanto do transporte de mercadorias, de produtos de alto valor agregado ou com urgência na sua entrega, quanto do transporte de passageiros, que tem como objetivo o deslocamento a trabalho ou a turismo.

Segundo Torres (2010), com essa facilidade de intercâmbio de cargas e passageiros pelo mundo, gerada devido ao processo de globalização, se tornou fundamental que haja infraestrutura adequada para receber essa demanda estimulada pelas relações econômicas. Esse novo cenário da aviação civil faz com que as cidades se tornem porta de entrada e saída de pessoas e bens, no âmbito interno e externo.

O transporte aéreo brasileiro, nos últimos anos, tem apresentado demanda crescente, sendo que esse crescimento não foi acompanhado pelo desenvolvimento da infraestrutura dos aeroportos. Isso fez com que, muitos aeroportos brasileiros passassem a operar além do limite da sua capacidade, sendo a administração e controle de 95% dos aeroportos brasileiros, até o ano de 2011, feita pela Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (INFRAERO). Nesse mesmo ano, dos 20 principais aeroportos nacionais, 13 apresentavam infraestrutura tanto dos terminais de passageiros quanto das pistas e pátios incompatíveis com a demanda, e como consequência, houve a redução no nível de serviço prestado a todos os usuários (BNDES, 2010).

Quanto aos tipos de uso de um aeródromo, existe o público e o privado. Conforme consta na página da ANAC referente ao tipo público, “Aeródromos autorizados a realizar exploração comercial do transporte aéreo de passageiros e/ou cargas são de tipo de uso público, e seu cadastramento pela ANAC é denominado homologação” (ANAC, 2021).

O crescimento da economia aliado ao movimento dos aeroportos tem exigido novos desafios e soluções por parte da engenharia, com relação a novos projetos com custos menores, assim como mais investimentos no setor. Foi com a necessidade de melhorar os serviços prestados e a atender a demanda por

infraestrutura aeroportuária eficiente que se iniciou o processo de concessão dos aeroportos brasileiros no ano de 2012, e ano após ano, tem sido realizada novas rodadas de concessões. Com as novas empresas no gerenciamento e administração, está sendo possível investir em avanços tecnológicos para melhores soluções e manutenção dos aeroportos (MACHADO et al., 2019).

Por ser um meio de deslocamento rápido e pontual, o modo aéreo vem obtendo destaque no transporte de cargas, principalmente no mercado internacional, estabelecendo uma rede de comunicações entre os países em todos os continentes. Por facilitar o escoamento de bens e produtos, os aeroportos de cargas contribuem para a economia da cidade em que se encontram. Surge então a competitividade na exportação de mercadorias, trazendo novos investimentos e implantação de novas indústrias para a região (BUDEL, 2018).

A infraestrutura é um fator limitante para o desenvolvimento do transporte aéreo do país e um aeroporto compreende diversas atividades, cada uma com sua finalidade e muitas delas possuem requisitos que são interdependentes. Isso porque se uma única atividade não atinge os requisitos mínimos, pode limitar a capacidade do complexo inteiro. A pista de pouso e decolagem tem grande influência sobre a capacidade de um aeroporto, de acordo com Melo (2014), dentre os principais fatores que afetam a capacidade de pista estão a separação de aeronaves na aproximação, o tipo e a localização das pistas de taxiamento e o mix de aeronaves.

De acordo com Horonjeff et al. (2010), a extensão da pista de pouso possibilita que maiores aeronaves, utilizadas em etapas mais longas, possam atuar ali, ampliando assim o mercado do aeródromo.

Com isso, nesta pesquisa foi realizado um estudo do consumo de combustível, além do dimensionamento do comprimento da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional de Florianópolis para dois trechos internacionais, Florianópolis – Miami e Florianópolis – Lisboa. Foi também realizado um estudo de demanda de transporte de carga aérea para as rotas supracitadas.

1.1 Justificativa

O Aeroporto Internacional de Florianópolis teve sua pista construída em 1922 como base de aviação naval. Foi apenas em 1954 que foi construído o seu primeiro

Terminal de Passageiros (TPS), passando por algumas reformas ao longo dos anos, enquanto a INFRAERO era administradora do mesmo até dezembro de 2017.

Atualmente, administrado pelo grupo *Zurich Airport*, uma nova rota do voo cargueiro realizando trajeto direto de Miami (Estados Unidos) a Florianópolis (Brasil) semanalmente, iniciou em agosto de 2020. Isso se deve ao arranjo econômico e à homologação para receber aviões de grande porte, código D e E, em 2019 após reformas. Assim, surgem novas perspectivas do crescimento competitivo da indústria catarinense que usa de forma intensiva o transporte aéreo de carga, e até então, esse transporte era feito com uso de outros aeroportos – em São Paulo, Paraná e Rio Grande do Sul - e obrigatoriamente, utilização também do modo rodoviário. Atualmente, esse trajeto ocorre com origem de Miami até Florianópolis, com a importação de mercadorias.

Essa rota proporciona mais agilidade e melhor planejamento logístico por não depender mais de complementação de meio terrestre. A fim de expandir a movimentação econômica e o fluxo de cargas na região, surgem novas perspectivas, de aumento da demanda dessa conexão direta de Florianópolis com o mercado internacional de cargas e passageiros, tanto se conectando com a América do Norte, quanto com a Europa nos próximos anos.

Dessa forma, o dimensionamento do comprimento da pista é uma importante tarefa, pois é determinante para saber se as aeronaves vão ter segurança para pousar e decolar. Por isso, há a importância direta na determinação do seu comprimento nas atividades das aeronaves.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem por objetivo verificar o consumo de combustível, assim como o dimensionamento do comprimento da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional de Florianópolis, considerando o peso máximo estrutural do Boeing 767-300F para as rotas de transporte de cargas internacionais - Florianópolis à Miami e Florianópolis à Lisboa, conforme parâmetros da AC 150/5325-4B, com título de *Runway Length Requirements for Airport Design Document Information*.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Identificar as legislações utilizadas no Brasil a respeito do comprimento da pista de pouso e decolagem;
- b) Analisar o consumo de combustível para as rotas em estudo;
- c) Verificar a situação da restrição de peso e alcance da aeronave tipo, o Boeing 767-300F;
- d) Dimensionar o comprimento necessário da pista de pouso e decolagem nas condições de decolagem e pouso com o peso máximo estrutural da aeronave tipo, nas etapas Miami-Florianópolis e Lisboa-Florianópolis;
- e) Perceber o nível de dificuldade da obtenção de dados a respeito do estudo de demanda de carga aérea.

1.3 Limitações

A proposta deste trabalho será analisar o atual comprimento da pista de pouso e decolagem, utilizando como aeronave tipo o avião que realiza a rota de transporte de carga internacional entre Miami e Florianópolis, Boeing 767-300F. Será dimensionado o comprimento da pista necessário para atender situações de pouso e decolagem dessa aeronave, com o seu peso máximo estrutural, entre as etapas: Miami (MIA) – Florianópolis (FLN) e Lisboa (LIS) – Florianópolis (FLN).

Na avaliação da demanda de carga aérea, devido ao prazo e recursos limitados para a elaboração desse trabalho de conclusão de curso, foi adotada uma simplificação, com a análise de dados históricos através do Sistema Integrado de Comércio Exterior (SISCOMEX), coletando informações de movimentação para o modo aéreo e a nacionalização das cargas nas unidades federativas, incluindo cargas de outros modos de transporte que foram nacionalizadas nas unidades federativas dos aeroportos em análise. Além disso, não era possível filtrar apenas o Aeroporto de Miami e o Aeroporto de Lisboa, assim a análise foi feita no país.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção são apresentados conceitos sobre a concessão dos aeroportos no Brasil, assim como da movimentação de cargas via transporte aéreo. Os tópicos subsequentes, descrevem a classificação das aeronaves de acordo com seu tipo e uso; a utilização do ábaco *payload-range*; o cálculo do consumo de combustível das aeronaves; conceitos importantes para o dimensionamento do comprimento da pista de pouso e decolagem; o estudo de demanda de acordo com o método quatro etapas; e, por fim, os órgãos reguladores do transporte aéreo no Brasil.

2.1 Concessão dos aeroportos

A falta de infraestrutura aeroportuária que estava ocorrendo no Brasil afetava diretamente a economia brasileira. Isso porque as importações e exportações, assim como o fluxo de pessoas é dificultado na medida que os aeroportos já não comportam o volume de cargas que se deslocam dentro do país ou internacionalmente, devido à diversos fatores relacionados à infraestrutura.

Rudnik (2011) aponta que os primeiros sinais de que os aeroportos necessitavam de reformulação e grandes investimentos vieram à tona no ano de 2009, pois, segundo os estudos realizados pelo Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), os aeroportos brasileiros operavam acima da capacidade máxima de passageiros. Além disso, segundo esses estudos, o transporte aéreo no Brasil viria a crescer em média 7% ao ano nos próximos 15 anos, e a deficiência da estrutura aérea prejudicaria o crescimento econômico brasileiro.

Dessa forma, o objetivo das concessões é atrair investimentos para ampliar e melhorar a infraestrutura aeroportuária atual, de modo a ofertar melhor qualidade no atendimento a todos os usuários do modo aéreo. Para se obter esse nível de qualidade, no processo de concessão, o aeroporto é oferecido publicamente em leilão.

Segundo Machado *et al.* (2019), nos últimos anos surgiu no Brasil uma nova postura em relação à infraestrutura aeroportuária e os desafios impostos pela expansão do mercado de aviação, sendo a política de concessões uma das

principais ações que evidenciam mudanças em relação à iniciativa privada. As rodadas iniciais de concessão foram realizadas durante os anos de 2011 e 2014, sendo a primeira concessão federal considerada piloto a do Aeroporto Internacional Governador Aluizio Alves, na cidade de São Gonçalo do Amarante, estado do Rio Grande do Norte (RN). Logo em 2012, foram leiloados aeroportos de grande relevância e em situação crítica: o Aeroporto Internacional André Franco Montoro na cidade de Guarulhos em São Paulo (SP), o Aeroporto Internacional de Viracopos em Campinas (SP) e o Aeroporto Internacional de Brasília na cidade de Brasília, estado do Distrito Federal (DF). Em 2014, ocorreu o leilão do Aeroporto Galeão do Rio de Janeiro, no estado do Rio de Janeiro (RJ) e o Confins em Belo Horizonte, Minas Gerais (MG).

Em março de 2017 houve a 4ª rodada de leilão, dos aeroportos de Florianópolis, Fortaleza, Porto Alegre e Salvador. A empresa suíça vencedora assumiu a administração do Aeroporto Internacional de Florianópolis foi a *Zurich*. Já o grupo alemão *Fraport* assumiu o Aeroporto de Porto Alegre e Fortaleza, enquanto o Aeroporto de Salvador foi leiloadado para a empresa francesa *Vinci Airports* (MACHADO *et al.*, 2019). Depois houve a 5ª e a 6ª rodada de concessão. Todas as seis rodadas de concessão dos aeroportos brasileiros já realizadas, seus respectivos anos e aeroportos ou blocos leiloados estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Rodadas de concessões de aeroportos no Brasil

PRIMEIRA RODADA	SEGUNDA RODADA	TERCEIRA RODADA	QUARTA RODADA	QUINTA RODADA	SEXTA RODADA
ANO DE CONTRATAÇÃO					
2011	2012	2014	2017	2019	2021
AEROPORTOS					
São Gonçalo do Amarante	Guarulhos	Confins	Florianópolis	Bloco Nordeste	Bloco Sul
	Viracopos	Galeão	Fortaleza	Bloco Centro-Oeste	Bloco Norte I
	Brasília		Porto Alegre	Sudeste	Bloco Central
			Salvador		

Fonte: Adaptado de Machado et al. (2019).

Além do já citado Aeroporto Internacional de Florianópolis, os aeroportos da cidade de Joinville e de Navegantes foram leiloados no ano de 2021 para o grupo CCR durante a 6ª rodada de concessão, junto com outros Aeroportos que formavam o Bloco Sul. Já os aeroportos de Criciúma e Jaguaruna estão sendo administrados, via contrato, pela RDL Aeroportos e o Aeroporto de Lages pelo Controle do Espaço Aéreo, Aeroportos e Capacitação (INFRACEA). Os demais estão sob administração do município ou do estado (FIESC, 2021).

A maior parte dos aeroportos do estado de Santa Catarina estão estrategicamente localizados, próximo a regiões metropolitanas, em cidades com maior fluxo de cargas e pessoas, sendo um deles o Aeroporto Internacional de Florianópolis

2.1.1 Concessão do Aeroporto Internacional de Florianópolis

Com a saturação da infraestrutura do Aeroporto Internacional de Florianópolis, registrada pela Confederação Nacional de Transportes (CNT) no ano de 2015, a concessão tinha como foco a melhoria do mesmo para então registrar serviços oferecidos de maior qualidade e com mais segurança operacional. Além disso, o foco era poder atender um número maior de ofertas de voos domésticos e internacionais, assim como ter capacidade para receber novas aeronaves de novas rotas, incluindo aeronaves cargueiras (IPEA, 2011).

O Aeroporto Internacional de Florianópolis é denominada pela Associação Internacional de Transportes Aéreos (IATA) pelo código aeroportuário FLN, e pela *International Civil Aviation Organization* (ICAO)/ Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) pelo código SBFL, onde o S representa a América do Sul, B o país do aeroporto (Brasil), e FL o código do aeroporto propriamente dito (Florianópolis).

Florianópolis concentra um elevado número de passageiros devido ao turismo existente na região, além de sua localização atender a demanda de outras macrorregiões do estado de Santa Catarina. No ano de 2015, segundo a ACIF (2015), a região da Grande Florianópolis possuía cerca de 600 empresas de serviços tecnológicos, *software* e *hardware*, além de ser uma cidade que recebe diversos eventos de negócios e congressos.

2.2 Movimentação de cargas via transporte aéreo

De acordo com Araújo *et al.* (2019), o frete aéreo se torna uma ótima opção quando se trata de cargas urgentes, de diversos produtos, como: hospitalares, remédios que tem hora marcada para chegar, e até mesmo de documentos que precisam chegar o mais rápido possível até o destinatário. Devido ao fator de segurança e velocidade na entrega, cargas valiosas geralmente são transportadas via aérea, sendo o custo do frete considerado baixo se comparar com o valor da mercadoria em si, como: obras de arte, joias, máquinas avançadas de alta tecnologia e componentes eletrônicos.

Existe a questão do transporte de produtos perigosos, restritos ou com baixo volume, onde a segurança do modo aéreo, com menos risco de acidentes, se torna a melhor opção em grande parte dos casos. Alguns produtos diversos, onde por questões estratégicas e até mesmo pelo fato de economizar com outros custos, compensa o transporte aéreo de mercadorias como animais, artigos frágeis e peças de carros ou máquinas (ARAÚJO *et al.*, 2019).

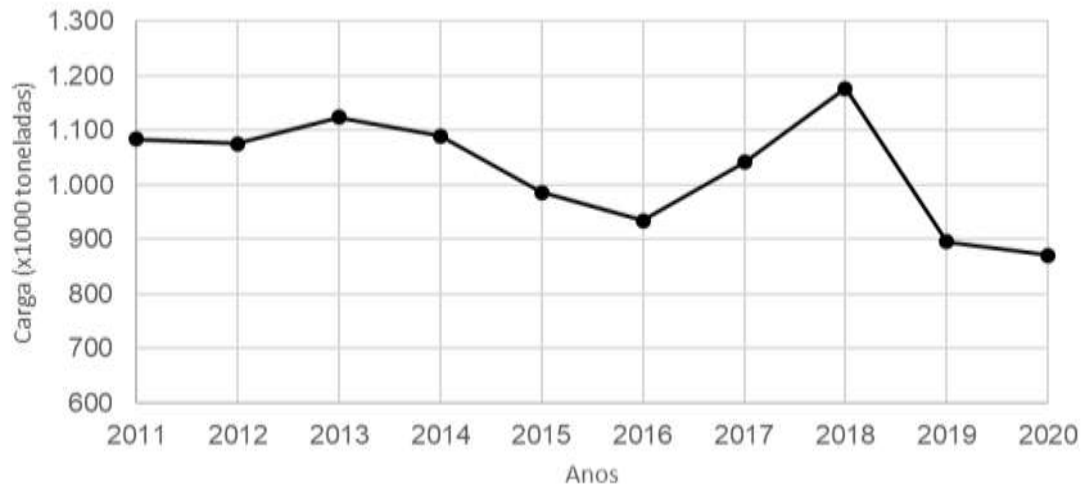
Para o transporte de cargas, o transporte aéreo tem relevada importância na expansão desses serviços, isso se deve pela grande extensão territorial do Brasil e também pelo fato das carências do ramo ferroviário e rodoviário, sendo o modo aéreo o único meio de acesso à diversas localidades. A aviação promove a integração nacional, assim como a internacional, com o fluxo de mercadorias e escoamento produtivo gerando crescimento da economia.

De acordo com Silveira e Quintilhano (2015), a maior intensidade de fluxo de carga internacional com origem e destino no Brasil, ocorre entre os continentes da América do Sul, Europa e América do Norte. O destaque no quesito importações é no sentido América do Norte-Brasil, sobretudo vindo dos Estados Unidos (EUA). Na Europa, na produção e transporte de mercadorias via modo aéreo ganham destaque Portugal, Espanha, Alemanha e França.

O mercado de carga aérea vem crescendo consistentemente, assim como o transporte de passageiros, e o estímulo principal é a difusão do comércio eletrônico (IPEA, 2011). Através da Figura 2, é possível perceber a movimentação de carga no Brasil, em toneladas, no decorrer dos anos de 2011 até 2020. Em geral, a demanda mantém constância com valores superiores a 850.000 toneladas transportadas via modo aéreo, tanto doméstico quanto internacional. Porém, há

também momentos de crise econômica que afetam o seu desempenho, como pode ser observado no ano de 2015, 2016, 2019 e 2020.

Figura 2 – Movimentação de cargas, em tonelada, pelo modo aéreo no Brasil 2011-2020



Fonte: Adaptado da ANAC (2021).

Dentro dessa movimentação de carga por transporte aéreo, no ano de 2018, cerca de 397.195 toneladas foram transportadas dentro do Brasil (carga doméstica), 363.383 toneladas exportadas e 416.578 toneladas importadas. Com a Tabela 1, é possível chegar à conclusão que 2018 foi o ano com maior crescimento na movimentação de cargas de exportação e o ano de 2013 com destaque na carga importada, tendo um crescimento de respectivamente de 26,44% e 19,69% se comparado ao ano de 2011.

Tabela 1 – Volume de carga aérea no Brasil: doméstica, exportada e importada

Ano	Carga Doméstica (ton)	Carga exportada (ton)	Carga Importada (ton)
2011	413.240	287.404	383.787
2012	389.158	261.148	425.082
2013	396.613	267.824	459.353
2014	386.711	273.585	429.794
2015	343.848	277.532	365.363
2016	325.381	274.830	334.588
2017	351.191	300.146	389.793
2018	397.195	363.383	416.578
2019	390.193	129.037	376.873
2020	277.291	262.997	330.813

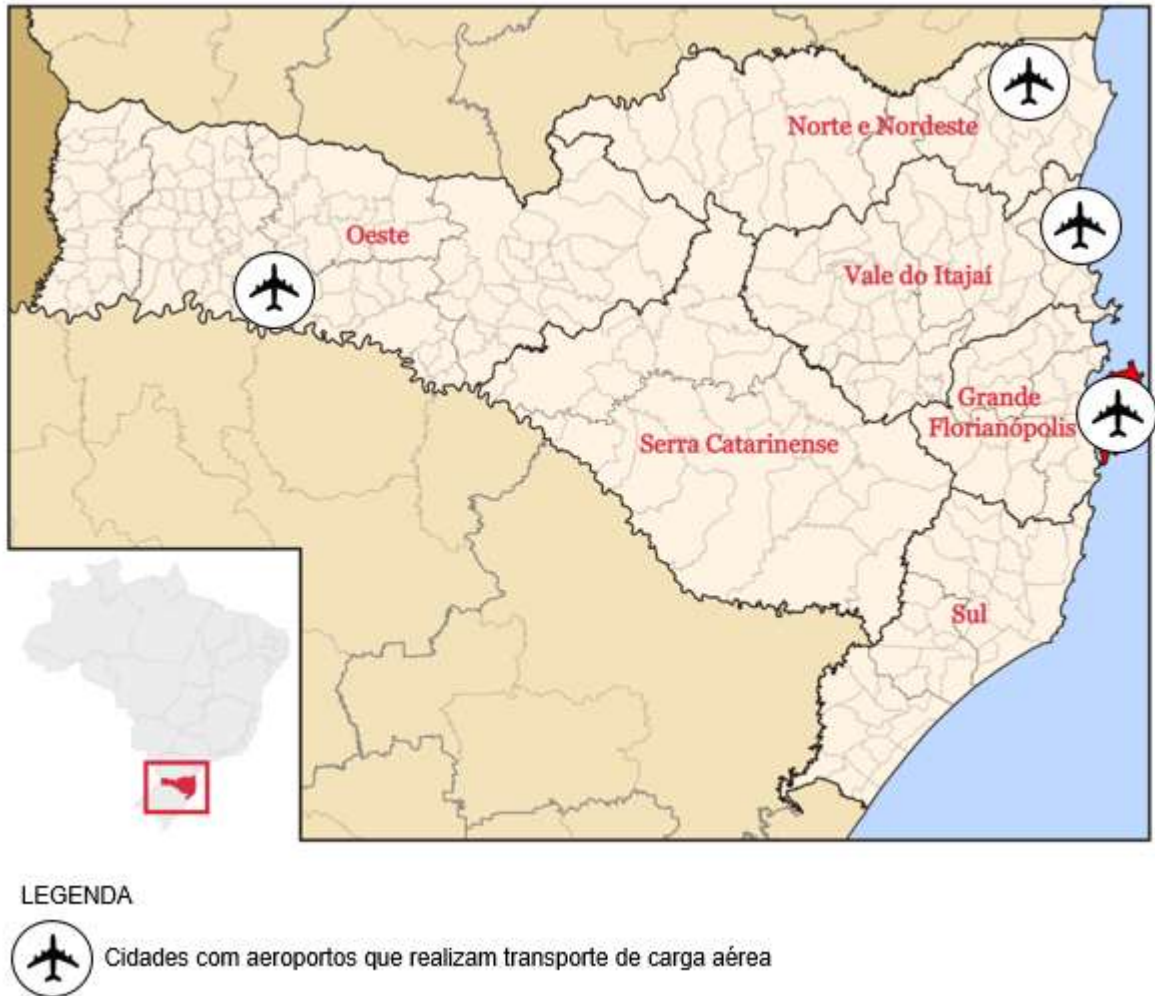
Fonte: ANAC (2021).

Então, para ocorrer uma grande mudança positiva no setor aéreo, é preciso investir constantemente em infraestrutura aeroportuária adequada, quanto a sua capacidade e segurança, para receber aviões de grande porte. Segundo ALMEIDA *et al.* (2019 apud CASTILHO, 2009), a vantagem brasileira em relação ao modo aéreo se deve também pelas condições meteorológicas, por não haver vulcões, nem tornados e furacões que poderiam causar o cancelamento de voos.

2.2.1 Transporte aéreo de cargas em Santa Catarina

Dentre os aeroportos públicos existentes em Santa Catarina, para o setor de cargas, os aeroportos de Chapecó, Florianópolis, Joinville e Navegantes possuem destaque. Esses aeroportos possuem regularmente voos comerciais e movimentação de cargas. Na Figura 3 é possível notar a sua localização, sendo que há uma concentração dos aeroportos que transportam cargas na região litorânea do estado, somente Chapecó fica localizada no interior, é considerada uma das principais cidades da região Oeste do estado (QUINTILHANO, 2015).

Figura 3 – Localização dos aeroportos que realizam transporte de carga aérea em Santa Catarina



Fonte: Elaboração própria (2022).

De acordo com Quintilhano (2015), o desenvolvimento do transporte aéreo de cargas no estado se encontrava com entraves até o ano de 2015. Com a escassez dos aviões cargueiros devido à falta de condições de infraestrutura nos aeroportos, houve a transferência do transporte de cargas de perfil do modo aéreo para o modo rodoviário.

2.2.2 Transporte aéreo de cargas em Florianópolis

Até o ano de 2019, o aeroporto de Florianópolis não possuía infraestrutura para receber os aviões do tipo cargueiro de grande porte, isso porque o comprimento da pista de pouso e decolagem, a largura da pista e estrutura do pavimento eram insuficientes para atender essas aeronaves. Dessa forma, 100%

das cargas importadas no ano de 2003 a 2013, foram transportadas pelo modo rodoviário até Florianópolis, desembarcando em outro aeroporto: São Paulo/SP, Porto Alegre/RS ou Curitiba/PR (QUINTILHANO, 2015).

A quantidade de *taxiways* e pátios era pequena, limitando as operações de transporte de carga pelo modo aéreo. Esses caminhos de circulação são de extrema importância para atender a demanda de decolagens e pousos no aeroporto, permitindo assim melhor sequência de decolagens e saída rápida da pista de pouso e decolagem. A melhoria nessa circulação afeta diretamente a eficiência e capacidade do aeroporto.

Na época, dentro das principais empresas que importavam e nacionalizavam as suas cargas através do aeroporto de Florianópolis, cinco delas possuíam uma filial ou sua matriz na região, atuando nos setores de comunicação digital, materiais elétricos, vedantes para construção civil, produtos de informática e acessórios relacionados à moda (QUINTILHANO, 2015).

Após o início das concessões dos aeroportos no Brasil, e com a *Zurich Airport* assumindo o Aeroporto Internacional de Florianópolis, é que as reformas e a efetiva construção do novo terminal de passageiros foram realizadas. Nessa fase inicial, as obras realizadas pela *Zurich* foram: implantação de *Runway end Safety Area* (RESA) nas cabeceiras, alargamento da pista com a implementação de acostamentos, construção e ampliação das pistas de táxis, construção de um novo terminal de passageiros e ampliação do comprimento da pista de pouso decolagem.

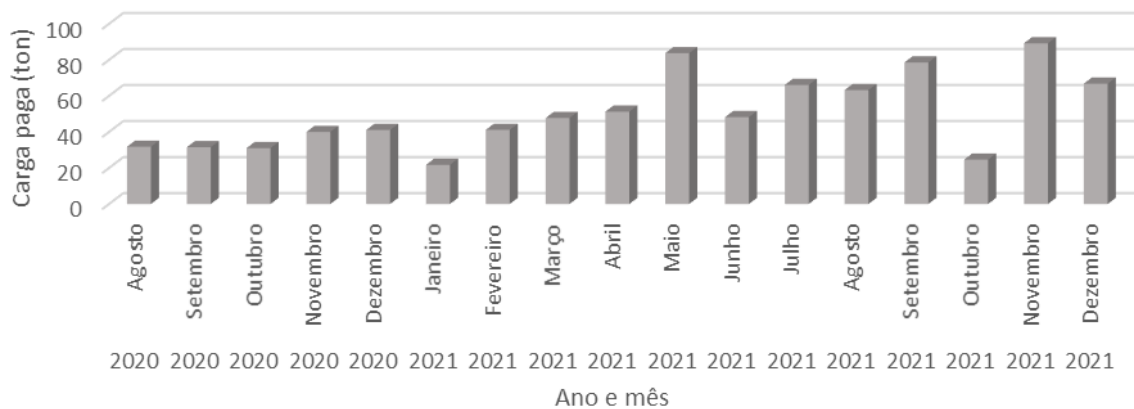
Além disso, ocorreu a reforma das novas instalações no Terminal de Cargas (TECA), possibilitando atender diversos segmentos como o de tecnologia, equipamentos hospitalares, têxtil e o setor metal-mecânico. Essa expansão e melhorias geraram a fidelização dos clientes atuais, além de trazer novos clientes e iniciar parcerias logísticas.

No dia 10 de agosto de 2020, houve um marco histórico. O primeiro voo da LATAM Cargo com origem de Miami pousou em Florianópolis, inaugurando essa rota cargueira regular internacional entre os Estados Unidos e o estado de Santa Catarina, criando uma oportunidade mais rápida e com excelente logística para a indústria e comércio da região não somente do estado, mas sim da região Sul do Brasil. Essa rota evidencia o potencial logístico catarinense, e traz ainda mais desenvolvimento econômico para a região (FLORIPA AIRPORT, 2020).

Antes dessa rota da aeronave cargueira com conexão origem de Miami (EUA) e destino a Florianópolis (BR), a carga internacional ingressava na região através de outros aeroportos. Assim, essa nova rota atenderá semanalmente a importação de cargas no Brasil, mais especificamente na Grande Florianópolis (SC).

Desde o início da atuação dessa aeronave cargueira no ano de 2020, no mês de agosto, até dezembro de 2021, já foram transportadas cerca de 857 toneladas de carga paga importadas de Miami para Florianópolis, conforme ilustra a Figura 4. O primeiro mês de agosto registrou 31,774 toneladas importadas, enquanto o mês de maio e novembro 2021 obtiveram destaque com a importação de, respectivamente, 83,70 toneladas e 89,22 toneladas. Esse voo gerou a oportunidade do estado de Santa Catarina estar conectado ao comércio internacional (ANAC, 2021).

Figura 4 – Movimentação de Carga Paga (ton) da nova rota da aeronave cargueira entre Miami e Florianópolis: Aeroporto Internacional de Florianópolis



Fonte: Elaboração própria conforme informações da ANAC (2021).

Dessa forma, a falta de condição estrutural para o fluxo de aviões cargueiros no estado catarinense, em especial em Florianópolis, fazia com que fosse necessário o uso do modo rodoviário para a distribuição das mercadorias de outros aeroportos que dispunham de rotas aéreas internacionais. Os municípios de Florianópolis, São José e Palhoça, que fazem parte da chamada Grande Florianópolis, tem uma cadeia geradora de fluxos no que se refere às cargas de alto valor agregado e cargas aéreas, justificando os benefícios das rotas cargueiras

internacionais na região, além de poder atender outros municípios da região Sul do Brasil.

2.3 Classificação das aeronaves

De acordo com Junior (2008), as aeronaves podem ser classificadas de acordo com o seu tipo e com o seu uso. Os aviões e as aeronaves de pás-rotativas, conhecida como helicóptero, são os dois principais tipos de aeronaves responsáveis pelo transporte aéreo. A classificação quanto ao uso da aeronave pode ser em três diferentes categorias: *Full Pax*, cargueiro ou *freighters* e combi ou conversíveis.

- a) *Full Pax* é o tipo de aeronave geralmente utilizado pelas companhias aéreas regulares, com uma estrutura do *deck* superior por inteiro destinado ao transporte de passageiros, enquanto o *deck* inferior é para às bagagens e outras cargas;
- b) Cargueiros ou *freighters* são as aeronaves que realizam exclusivamente o transporte de cargas aéreas, podendo ser carga unitizada no *deck* superior e carga a granel ou unitizada no *deck* inferior/porão;
- c) Combi ou conversíveis é uma aeronave mista, que no *deck* inferior e na parte traseira do *deck* superior transporta carga, enquanto no resto do espaço é destinado ao transporte de passageiros, podendo ter uma divisória na cabine para permitir o uso de ambos ao mesmo tempo. Essas aeronaves, em geral, possuem porta de carga de grandes dimensões e fixadores no piso da cabine, para permitir remover ou adicionar assentos de maneira rápida.

2.4 Payload-range

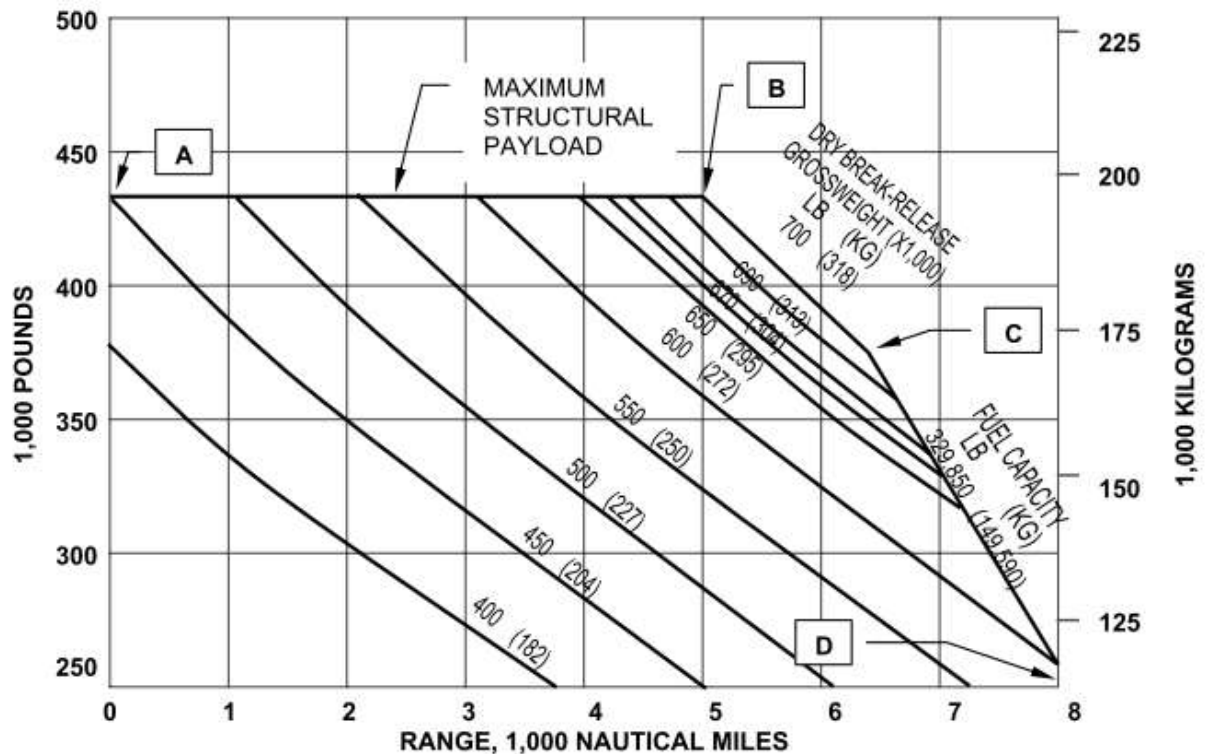
O alcance, *range* no inglês, é determinado pela quantidade de combustível presente no tanque da aeronave. A carga útil, *payload*, é todo o peso da aeronave que gera receita para a companhia aérea. A estrutura de uma aeronave é projetada para suportar determinada quantidade de carga, sendo o valor máximo o Peso Máximo Estrutural, valor esse que não poderá ser excedido.

Diversos fatores afetam a relação de *payload* e *range*, são eles: a altitude do voo, velocidade, condição meteorológica, quantidade de combustível reserva e vento. Assim, para que possa haver comparação de desempenho entre diferentes modelos de aeronaves, esse ábaco geralmente é para dia padrão, sem vento, considerando etapa de cruzeiro de longa distância (HORONJEFF *et al.*, 2010).

Dentre os fatores que influenciam o alcance da aeronave como citado, entre os mais importantes está a carga útil. Isso porque, geralmente à medida que o alcance aumenta, a carga útil será reduzida, havendo assim a troca do peso da carga para o combustível, para que a aeronave voe até o destino final.

Na Figura 5 é apresentado um exemplo de ábaco da relação de carga paga e alcance. No ponto “A”, o avião tem sua carga paga máxima, mas está sem combustível (alcance nulo). Enquanto do ponto “A” até o “B”, o alcance aumenta na medida que tem mais combustível, e a carga paga continua o valor máximo. A partir do ponto “B”, o avião alcança o seu peso máximo estrutural, e o alcance só pode ser aumentado através da troca de peso de carga paga pelo de combustível, já que o peso do avião está limitado pelo peso máximo estrutural de decolagem. No ponto “C”, o avião tem sua capacidade máxima de combustível. Para aumentar o seu alcance, a solução seria diminuir a carga paga, e isso ocorre entre “C” e “D”, porque a aeronave fica mais leve, com menor arrasto, menor consumo e maior alcance.

Figura 5 – Exemplo de ábaco: relação entre carga paga e alcance



Fonte: Horonjeff et al. (2010).

A carga paga, *payload*, é a unidade utilizada para medir o volume transportado via aérea, representa todos os produtos que serão transportados na aeronave e geram receitas para a empresa aérea, sendo composta por: passageiros, carga, bagagens e correio. Já o conceito de carga útil, é a carga necessária para que o voo aconteça. Além dos itens que geram receita, há o gasto de combustível com a operação, sendo a carga útil composta pela soma da carga paga e do combustível necessário para realizar a etapa/trajeto estabelecido, incluindo a tripulação, óleo, combustível, lastro (com exceção do de emergência) e equipamento portáteis (ANAC, 2021).

Outro conceito importante é a carga paga máxima (CPM), que é o peso máximo de carga que a aeronave está certificada para transportar, sem que ocorra danos a sua estrutura, podendo ser essa a carga de passageiros, carga de mercadorias ou a combinação de ambos.

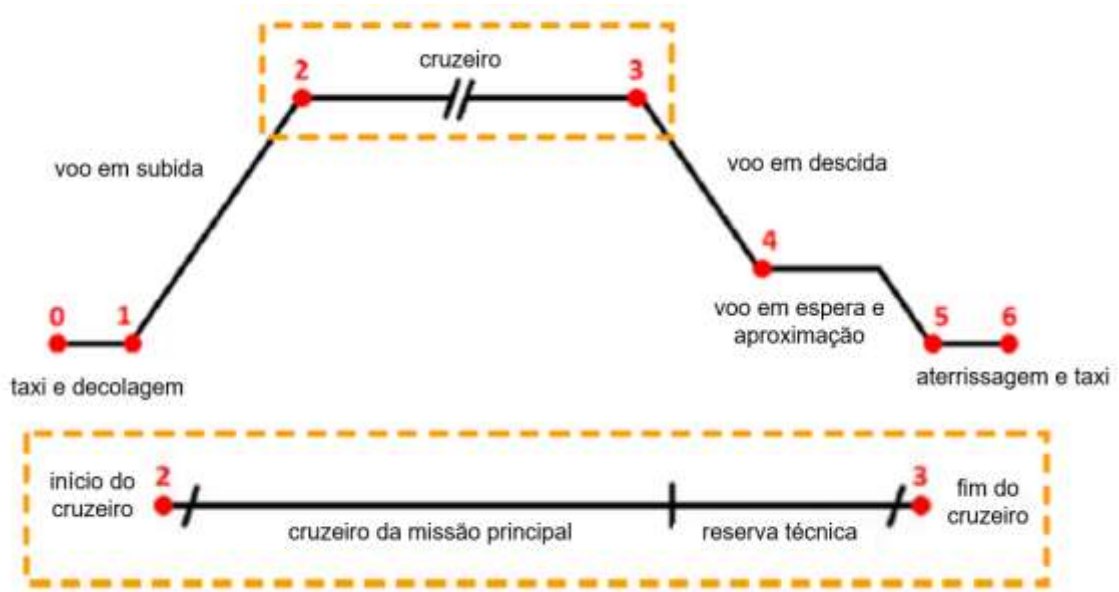
2.5 Consumo de combustível

Com a competitividade no ramo da aviação, sendo o combustível um considerável custo operacional, atrelado à preocupação ambiental da poluição da natureza, o mercado tem desenvolvido aeronaves com maior eficiência energética. O querosene utilizado como combustível nos motores das aeronaves comerciais brasileiras, também é conhecido pela sigla QAV-1.

Para o cálculo do consumo de combustível, vários fatores são levados em consideração. A principal variável é o peso da aeronave, mas a altitude, velocidade, temperatura e distância do percurso também influenciam. Antes da viagem acontecer, é realizado um planejamento do voo, analisando a rota, as condições meteorológicas durante a viagem e o consumo de combustível previsto para esse cenário.

A aeronave passa por fases de voo, com características de performance diferentes. O diagrama na Figura 6 representa essas fases. Primeiramente, a fase de taxiamento, decolagem e voo em subida, consomem uma quantidade mais elevada de combustível devido a força necessária para ganhar altitude. Já a velocidade de cruzeiro, representada pela etapa do 2 ao 3, é quando o avião alcança a altitude e velocidade ideal, com uma melhor média de consumo de combustível se comparado com a fase de subida. Enquanto a etapa de descida, espera, aproximação e aterrissagem, e então taxi, possui velocidade muito próxima a velocidade de cruzeiro e menor consumo de combustível, pois ocorre a diminuição da potência do motor (JUNIOR, 2012).

Figura 6 – Fases de voo



Fonte: Adaptado de Almeida et al. (2019 apud VENSON, 2013).

Boa parte das aeronaves cargueiras em serviço atualmente, foram aeronaves convertidas de aeronaves *Full Pax* ou *Combi* para agora transportarem somente carga paga. Porém, por serem aeronaves mais antigas, são menos eficientes quanto ao uso do combustível, sendo esse aproximadamente 29,6% do custo e despesas dos serviços aéreos (ANAC, 2021).

2.6 Conceitos para o dimensionamento do comprimento da pista de pouso e decolagem

Muitos são os fatores levados em consideração para a construção ou reforma de um aeroporto quanto ao seu sítio aeroportuário: o tipo de operação, a topografia do local, a proximidade com a vizinhança, o tráfego aéreo da região, entre outros. Segundo Horonjeff *et al.* (2010), há uma relevância a ser destacada quanto ao comprimento, largura e resistência da pista, local onde ocorre pouso e decolagem de diversos tipos de aeronaves, sendo que os mesmos precisam ser realizados com segurança nas diversas condições meteorológicas. Além disso, analisar as declividades, altitude, temperatura da região, direção dos ventos e a necessidade de acostamento são de suma importância.

Para o planejamento e operação de um aeroporto ser realizado de forma eficaz, é preciso levar em consideração a interação entre os três principais componentes do transporte aéreo, sendo eles: o usuário, a empresa aérea e o aeroporto (ASHFORD *et al.*, 2015). As aerovias, os terminais de cargas, os terminais de passageiros e o sistema de controle de tráfego aéreo fazem parte do sistema aeroviário (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES, 2006).

Conforme cita Young e Wells (2014), pela complexa instalação de um aeroporto, que precisa de diversos componentes para atender o fluxo de passageiros, cargas, aeronaves e veículos de superfície, é que se divide as operações dos aeroportos em lado terra e lado ar. O lado terra é planejado para acomodar o movimento de passageiros, cargas e veículos ainda em terra, incluindo o terminal aeroportuário e os componentes de acesso. Já o lado ar tem o objetivo de administrar o movimento das aeronaves nos aeroportos, assim como as suas operações de chegada e partida.

Importante citar que, todo planejamento e desenvolvimento de um aeroporto deve ser baseado em um plano diretor, e sua finalidade é determinar as instalações necessárias para atender a demanda (HORONJEFF *et al.*, 2010). Dessa forma, é possível que através de um projeto bem elaborado, seja aproveitado ao máximo as potencialidades no âmbito operacional, comercial, econômico e financeiro.

Dessa forma, para o dimensionamento do comprimento da pista de pouso e decolagem é preciso entender o conceito sobre as características básicas das aeronaves e das características físicas da pista.

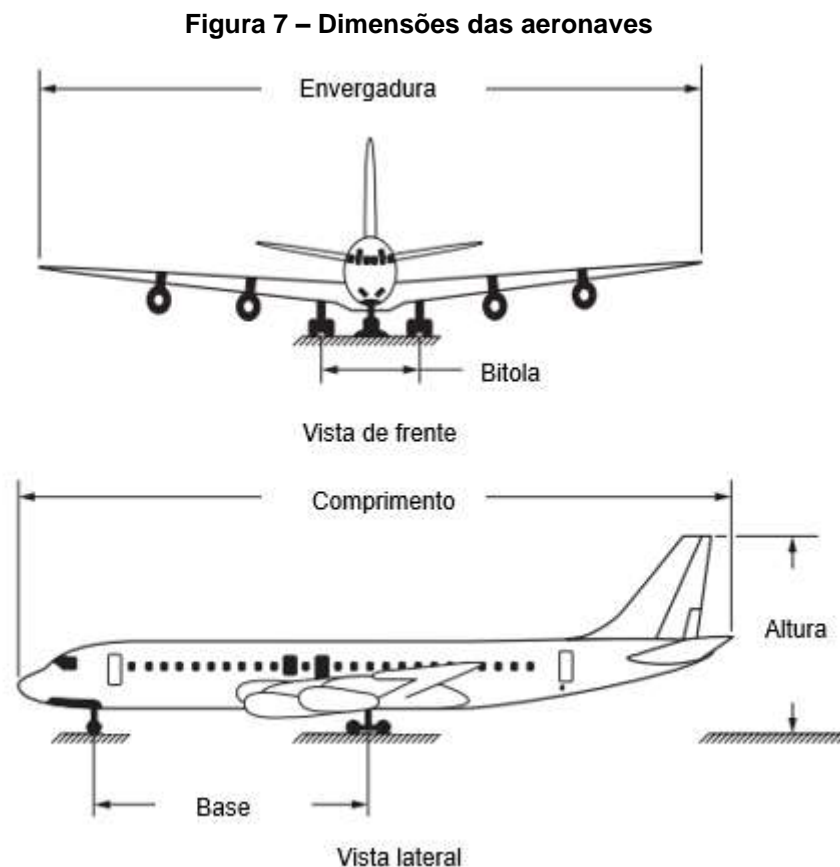
2.6.1 Características básicas das aeronaves

De acordo com Abrucio (2007), a cada ano que passa a indústria aeronáutica investe em aviões maiores e mais sofisticados, comprometidos também com a preservação do meio ambiente através da menor geração de ruídos e reduzindo o consumo de combustível. Dessa forma, os aeroportos necessitam estar em processo de desenvolvimento constante para conseguir ter estrutura para permitir e receber pousos e decolagens dessas novas aeronaves.

De acordo com Horonjeff *et al.* (2010), há uma busca pelo aumento do desempenho das aeronaves, sendo o fator que mais contribuiu para isso a melhoria

na tecnologia dos motores, com os motores a jato com alto desempenho. Os tipos de motores geralmente são classificados em três categorias: motor de pistão, *turbofan* (ou jatos) e turboélices.

Conhecer as nomenclaturas relacionadas às dimensões das aeronaves é essencial para a execução dos projetos de aeroporto e na Figura 7 estão apresentadas na parte frontal a bitola e a envergadura, enquanto de perfil mostra a base, o comprimento e a altura. As características das aeronaves estão diretamente ligadas ao dimensionamento dos elementos dos aeroportos. Por exemplo, para a determinação do comprimento da pista, é preciso se atentar a potência e peso, enquanto para a largura da pista se utiliza a bitola e a envergadura.



Fonte: Adaptado de Horonjeff et al. (2010).

2.6.2 Características físicas da pista

Os aeroportos são pontos intermediários ou finais das viagens feitas pelas aeronaves, por isso, as suas instalações devem ser projetadas e construídas de

modo a permitir o pouso e a decolagem dos aviões. Nas operações do lado ar, a pista de pouso e decolagem é um dos principais elementos estudados, a fim de acomodar com segurança as aeronaves em superfície durante pouso e decolagem.

Segundo Ashford, Mumayiz e Wright (2011), o comprimento da pista tem grande importância nos estudos dos projetistas de aeroportos, isso porque sua dimensão determina os tipos de aeronaves que poderão utilizar esse aeroporto, suas etapas e até mesmo definir restrições de peso.

2.6.2.1 Classificação dos aeroportos e aeródromos

Para guiar o projeto, a principal classificação de um aeródromo é o código de referência. O seu objetivo é oferecer um método simples de relacionar as diversas especificações sobre as características do aeródromo, oferecendo assim facilidades às aeronaves que irão operar nele. O seu código é formado por dois elementos, que possuem relação com o desempenho e com as dimensões das aeronaves (ANAC, 2021).

O elemento 1 do código é baseado no comprimento básico da pista requerido pela aeronave, enquanto o elemento 2 é uma letra relacionada a envergadura, sendo esses valores correspondentes da aeronave tipo de projeto daquele aeroporto em análise. A Tabela 2 apresenta essa relação, consta no documento da ANAC (2021), o RBAC nº 154, que está baseado nos códigos de referência da ICAO (norma internacional).

Tabela 2 – Código de referência do aeródromo

Elemento 1 do código	
Número do código	Comprimento básico de pista requerido pela aeronave
1	menor que 800m
2	maior ou igual a 800 m e menor que 1200 m
3	maior ou igual a 1200 m e menor que 1800m
4	maior ou igual a 1800 m
Elemento 2 do código	
Letra do código	Envergadura
A	menor que 15 m
B	maior ou igual a 15 m e menor que 24 m
C	maior ou igual a 24 m e menor que 36 m
D	maior ou igual a 36 m e menor que 52 m
E	maior ou igual a 52 m e menor que 65 m
F	maior ou igual a 65 m e menor que 80 m

Fonte: ANAC (2021).

2.6.2.2 Composição de peso da aeronave

A definição dos limites de peso estruturais tem relação com as características físicas das aeronaves. Essas informações estão disponíveis nos manuais das aeronaves e são importantes para planejar e projetar um aeroporto, inclusive para analisar a pista de pouso e decolagem.

Uma aeronave pode ter diferentes valores de peso, dependendo do seu nível de combustível, carga útil e tripulação (HORONJEFF *et al.*, 2010). São elas:

- 1) Peso de combustível: é a quantidade de combustível carregado no avião para uma determinada etapa de voo.
- 2) Peso básico operacional (PBO) ou peso operacional vazio (POV): é o peso de um avião com todos os seus itens, mas sem a carga paga e sem combustível.
- 3) Peso zero combustível (PZC): é a soma do peso operacional vazio (POV) e a carga paga máxima possível na aeronave (CPM).
- 4) Carga paga estrutural máxima (CPM): é a carga máxima que a aeronave pode transportar, incluindo todas as formas de carga paga possíveis.
- 5) Peso máximo zero combustível: peso máximo permitido de uma aeronave sem o combustível e sem o óleo consumível.
- 6) Peso vazio: considera os equipamentos fixos, motor, hélice, rotor, peso da célula, dos lastros fixos, o combustível não utilizável, óleo não drenável e

fluido de refrigeração do motor e o fluido hidráulico, excluindo o peso da carga paga.

- 7) Peso máximo de decolagem (PMD): é considerado o peso operacional vazio, a carga paga e o combustível.
- 8) Peso máximo de pouso (PMP): é o peso máximo da pouso com que a aeronave poderá pousar sem danificar o seu trem de pouso.
- 9) Peso máximo estrutural ou peso máximo de táxi: valor um pouco maior do que o peso máximo de decolagem, porque soma o combustível necessário para as filas de espera e no rolamento de táxi ainda antes de decolar, mas isso não prejudica o peso da carga que pode ser decolada.

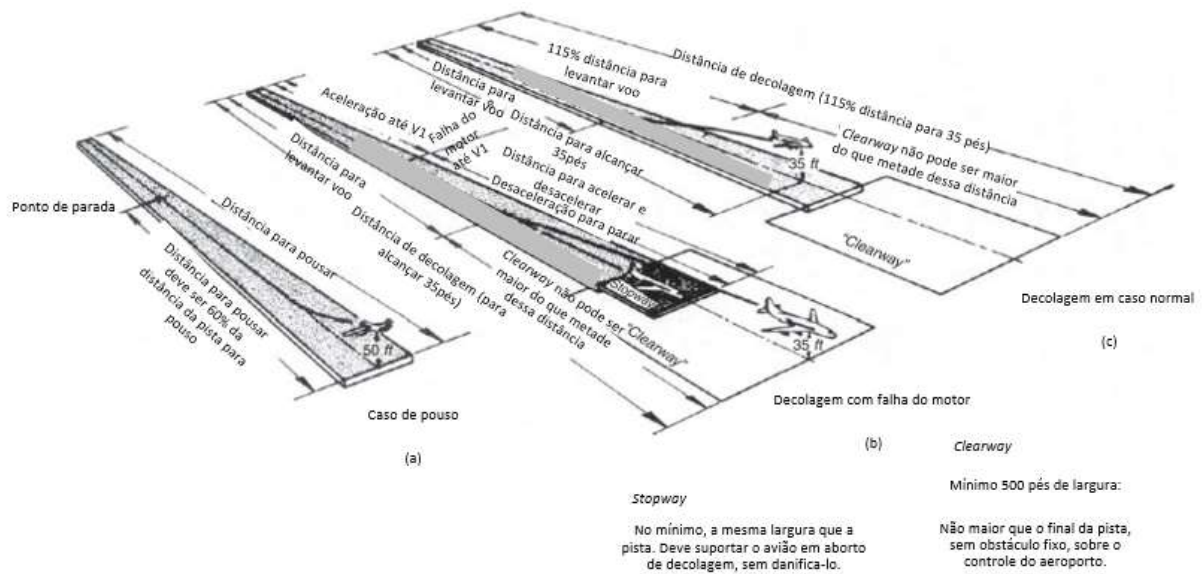
2.6.2.3 Lado ar

Relacionado ao lado ar, alguns dos termos importantes são a faixa de pista, *clearway*, *stopway*, recuo da cabeceira e a RESA.

A faixa de pista, conforme RBAC nº 154, deve se estender antes da cabeceira e além do fim da pista ou da zona de parada, sendo que para o código 2,3 ou 4 a distância mínima é de 60 m.

A *clearway* (CWY) é a zona livre de obstáculos logo após a pista, usada para a aeronave ganhar altura imediatamente após a decolagem, prolongamento que se estende além da cabeceira da pista. Já a *stopway* (SWY) é a área após a pista para eventual frenagem no caso de ser preciso abortar o voo, área destinada só na desaceleração da aeronave nessa situação específica, e na Figura 8 (b) é possível compreender o espaço da *stopway* e da *clearway*. O recuo da cabeceira, ou cabeceira deslocada, é feito quando há construção ou obstáculo na superfície onde a cabeceira deveria estar localizada (VICENTINI, 2018).

Figura 8 – Distâncias da pista em pouso, decolagem com falha e decolagem sem falha



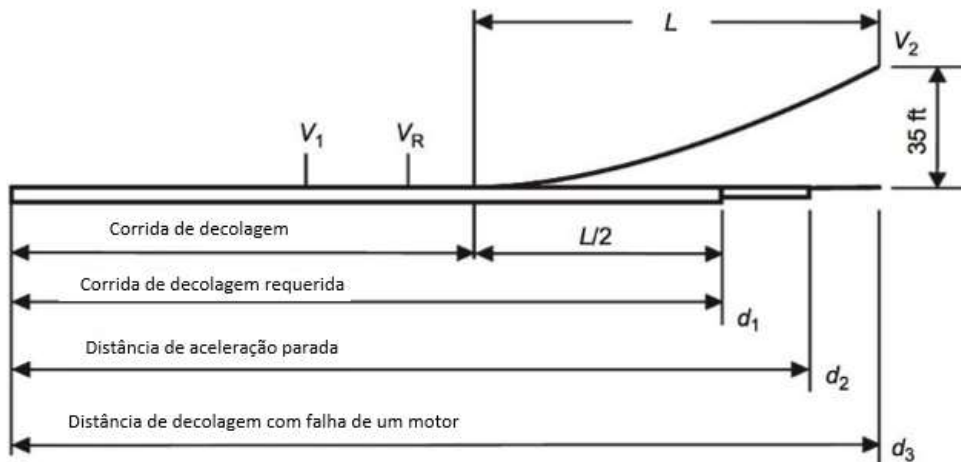
Fonte: Adaptado de HORONJEFF *et al.* (2010).

A RESA é a área simétrica ao longo do prolongamento do eixo da pista, logo ao final, usada para reduzir riscos de danos às aeronaves que toquem no solo antes de alcançar a cabeceira ou que ultrapassem o fim da pista. Suas dimensões são definidas segundo a OACI (2009), com a característica de se estender a partir do final da faixa de pista, no mínimo 90 metros. A prática recomendada é de 120 metros de extensão quando o código da pista for 1 ou 2, e 240 metros de extensão para as pistas com o código 3 ou 4. Sua largura, descrita nos documentos da OACI e da ANAC, deve ser no mínimo o dobro da largura da pista à que está associada.

2.6.2.4 Comprimento da pista de pouso e decolagem

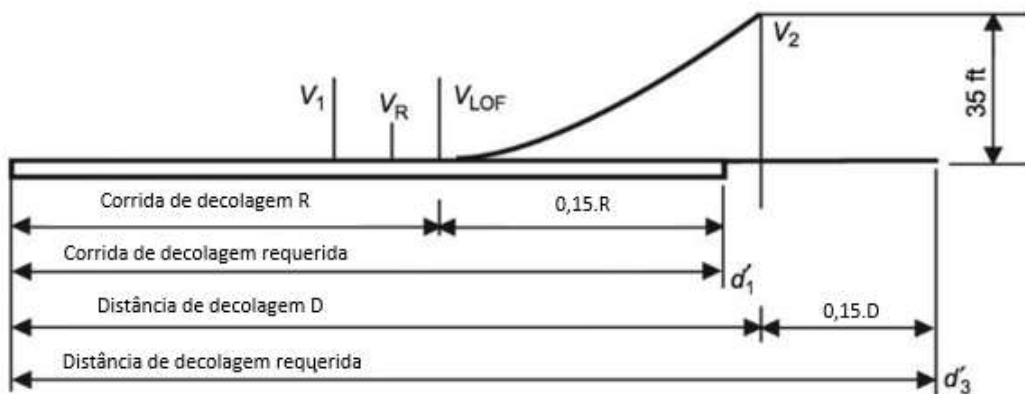
Em relação ao dimensionamento do comprimento de pista, algumas situações devem ser consideradas. Para a decolagem, deve se considerar a falha de um motor e comprimento que permita levantar voo, mesmo com a potência reduzida, ou então consiga frear por completo, situação representada na Figura 9 e Figura 10. Para o pouso, é exigido um comprimento para a realização de aterrissagem mesmo que em situação da aproximação final sejam apresentados problemas (HORONJEFF *et al.*, 2010).

Figura 9 – Velocidade e distâncias em situações de decolagem com um motor inoperante ou decolagem abortada



Fonte: Adaptado de Kazda e Caves (2015).

Figura 10 – Velocidade e distâncias nas situações de decolagem com todos os motores funcionando



Fonte: Adaptado de Kazda e Caves (2015).

Para todas as aeronaves multimotoras é determinada uma velocidade V_1 , conhecida como velocidade de decisão ou velocidade crítica. Dessa forma, se uma falha do motor ocorrer e a aeronave estiver com velocidade menor que V_1 , o piloto deve abortar a decolagem. Mas se a aeronave já estiver com velocidade superior a V_1 ao perceber a falha do motor, o piloto deve continuar a decolagem por já estar com velocidade alta e potência restante para completar o processo de decolagem, e também por estar sem distância o suficiente para parar com segurança na pista remanescente (KAZDA; KAVES; 2015).

Segundo Kazda e Caves (2015):

- a) V_1 : velocidade de decisão ou velocidade crítica, é a velocidade máxima em que o piloto deve executar a primeira ação de parar a aeronave dentro da distância restante, e é a velocidade mínima após a falha do motor que é possível concluir a decolagem dentro da distância restante estabelecida.
- b) V_r : velocidade de rotação, é a velocidade que se inicia o levantamento da roda do nariz do chão.
- c) V_{lof} : velocidade de elevação, é a velocidade de elevação do trem de pouso principal.
- d) V_2 : velocidade de subida ou velocidade de segurança da decolagem, é a velocidade que a aeronave deve alcançar a altura de pelo menos 10,7 metros acima da pista de PPD.

Com isso, analisando as situações que podem ocorrer durante a decolagem, Ashford, Mumayiz e Wright (2011) definem que a distância de decolagem deve ser a maior entre os três valores: distância necessária para aceleração e parada com falha de um motor, distância necessária para decolar com falha em um motor ao atingir 10,7m de altura ou 115% da distância necessária para decolar com todos os motores ao atingir 10,7m de altura.

Ainda um termo relevante quando se trata de dimensionamento de pista para a decolagem é o de comprimento de pista balanceada. A velocidade de decisão (V_1) não é uma velocidade fixa para qualquer avião, isso porque o piloto seleciona esse valor de acordo com as características da pista, condições atmosféricas, distâncias disponíveis e peso de decolagem do avião. O caso mais comum, segundo ANAC (2021), “é onde a velocidade de decisão é tal que a distância de decolagem requerida é igual à distância de aceleração e parada requerida”. Então, esse valor é o comprimento de pista balanceado, e se não houver *clearway* e *stopway*, essa distância é igual ao comprimento da pista.

Sobre o dimensionamento do comprimento da pista para o pouso, na grande maioria dos casos, a distância de pouso é menor do que a distância necessária para a decolagem. Conforme afirma Horonjeff *et al.* (2010), os regulamentos trazem que a distância de pouso necessária para a aeronave deve considerar que a aeronave pare completamente dentro de 60% dessa distância,

Figura 11, assumindo uma aproximação na velocidade adequada por parte do piloto e o cruzamento do limite da pista a uma altura de aproximadamente 15,4 metros.

Figura 11 – Comprimento da pista necessária para pouso



Fonte: Adaptada de Alves (2018).

Os fatores que influenciam no comprimento da pista de pouso e decolagem, e que estão relacionadas às características físicas do aeródromo são: altitude, temperatura média máxima do ar na região e a declividade da pista.

A altitude do aeródromo é determinada pela elevação do ponto mais alto da pista de pouso e decolagem. Sobre a temperatura de referência (T_r), segundo a ANAC (2021), é a média mensal das temperaturas máximas diárias, medidas no mês mais quente do ano (o mês com maior temperatura mensal média), usualmente se analisa dados de pelo menos 5 anos e o valor é expressado em °C. A temperatura de referência é considerada dessa forma porque o desempenho das turbinas piora com o aumento da temperatura, assim cada aeródromo tem a sua temperatura de referência que é atualizada periodicamente.

A declividade transversal é a inclinação da superfície da pista para que ocorra a drenagem da água, sendo esse valor padronizado conforme a categoria da pista e o mesmo ao longo do comprimento, salvo em intersecção com outra pista ou pista de táxi. Porém, é a declividade longitudinal que afeta o desempenho da decolagem, sendo geralmente expressa em porcentagem e medida ao longo da pista PPD, determinado seguindo os critérios do RBAC nº 154 (2021) ao longo do eixo da pista, não deverá exceder 1% onde o número do código for 3 ou 4 e 2% onde o número do código for 1 ou 2 (há outras definições de exceções) (ANAC, 2021).

Com esses dados definidos, é possível então dimensionar o comprimento da pista de pouso e decolagem através do uso de ábacos, disponíveis nos manuais das aeronaves. No caso de não se ter um ábaco que considere a temperatura e altitude do aeroporto que está sendo analisado, o comprimento da pista pode então ser obtido através do comprimento de referência, e ser aplicadas correções padronizadas pela ICAO (SÓRIA, 2006).

O comprimento básico da pista é determinado considerando o máximo de peso da aeronave, a nível do mar, com condições atmosféricas normais, sem vento e com declividade zero (ICAO, 2006a). Quando no manual da aeronave constar apenas ábacos com básico, é necessário realizar as seguintes correções:

- Aumentar o comprimento à taxa de 7% a cada 300 metros de altitude;
- Aumentar o comprimento à razão de 1% a cada 1°C que a temperatura de referência do aeródromo exceder a temperatura da atmosfera padrão para a altitude do aeroporto;
- Se o comprimento básico pelos requisitos de decolagem for 900 metros ou mais, deve ser aumentado à taxa de 10% para cada 1% de declividade longitudinal da pista.

Porém, se a correção total da altitude e temperatura excederem 35%, deverá ser realizado um estudo específico para determinar essas correções.

2.6.2.5 Distâncias declaradas

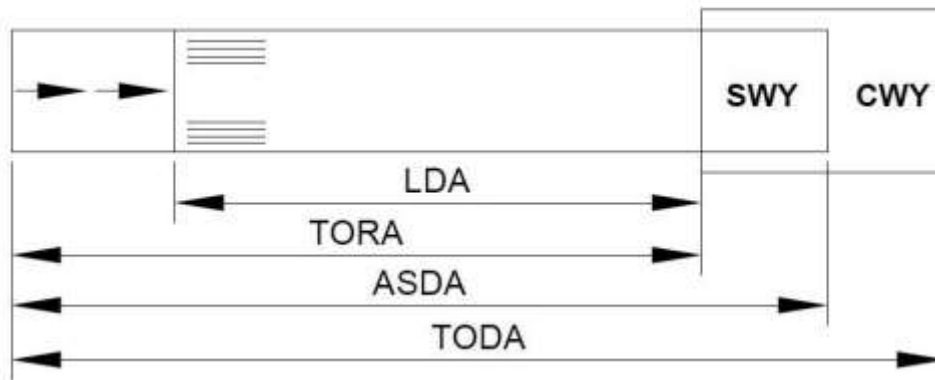
As distâncias declaradas são as distâncias disponíveis e adequadas para satisfazer as exigências de uma decolagem e pouso seguros. Essa informação é utilizada para determinar o desempenho das operações das aeronaves na pista PPD, assim, entender os conceitos é essencial para projetar ou não áreas de cabeceira deslocada, *clearway* e *stopway*.

Considerando a distância de decolagem, de aceleração e distância de pouso das aeronaves (HORONJEFF et al., 2010). Dessa forma, há quatro definições representadas por imagens na Figura 12:

- a) TORA – *Take-Off Run Available*: comprimento de pista disponível para o avião decolando;

- b) TODA – *Take-Off Distance Available*: é o comprimento da TORA + o comprimento da *clearway*, se existir;
- c) ASDA – *Accelerate-Stop Distance Available*: é o comprimento da TORA + o comprimento da *stopway*, se existir;
- d) LDA – *Landing Distance Available*: comprimento de pista disponível para o avião pousar. Sendo que em situação de cabeceira da pista deslocada, isso afeta apenas o LDA para abordagens feitas nesse limite.

Figura 12 – Distâncias declaradas



Fonte: Adaptado de ANAC (2021).

2.7 Estudo de demanda – Método quatro etapas

O planejamento de transportes visa estudar e adequar as necessidades de transporte de uma região ao seu desenvolvimento, melhorando o sistema existente ou com a implantação de novos aeroportos, de acordo com a oferta de transporte. Dessa forma, dentro do horizonte de projeto, é importante estudar a demanda e como será a distribuição da mesma na área de estudo.

Dentre os modelos de previsão de demanda de carga, segundo Souza e D'Agosto (2013), um dos mais utilizados é o considerado de modelo clássico (sequencial) – modelo quatro etapas. Esse modelo permite estimar viagens entre diversas zonas de tráfego, considerando que as viagens dependem de um processo de quatro etapas definidas, sendo considerada modelagem de demanda sequencial as três primeiras:

- a) geração de viagens;
- b) distribuição de viagens;
- c) divisão modal;
- d) alocação de viagens.

Inicialmente é feita uma coleta de dados. Então, de posse dos dados necessários, ocorre a determinação da quantidade e do tipo de viagem entre zonas de tráfego da região em estudo, com a aplicação da sequência do modelo quatro etapas (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011).

A etapa de geração de viagens tem como objetivo estimar o número total de viagens produzidas ou atraídas para cada zona de tráfego, baseando-se em um período de tempo típico da situação futura – dia, semana, mês e ano. Por esse valor ser o número de partida do método, é importante buscar por um resultado o mais preciso possível (SOUZA; D'AGOSTO, 2013). É estimada de modo agregado (em função das características das zonas) ou desagregado (em função das características dos domicílios), através de relações funcionais (regressão linear) ou uso de taxas médias de viagens (na análise de categoria). Também é determinadas as relações distintas para a produção e atração de viagens – estudo, negócios, lazer, trabalho, etc. (ORTÚZAR; WILLUMSEN, 2011).

Já a distribuição de viagens determina os intercâmbios de viagens e os deslocamentos correspondentes. É estimado as produções e atrações zonais, selecionando uma função de impedância (distância, tempo de viagem e custo) entre as zonas de tráfego, com base na geração de viagens. Assim, é criada uma matriz origem destino (O-D) de viagens futuras (CAMPOS, 2013).

De acordo com Souza e D'Agosto (2013), a divisão modal envolve a determinação do modo de transporte no qual as viagens são realizadas, sempre que houver disponível mais de um modo de transporte. Dessa forma, a matriz origem-destino (O-D) é resultante da etapa de distribuição de viagens, distribuindo o total de viagens para cada origem-destino.

Enquanto isso, a alocação representa a etapa de escolha do caminho, por dado modo de transporte, entre os pares de zonas de tráfego. Avalia a distribuição do fluxo de viagens no sistema de transporte existente - avaliando o equilíbrio entre a oferta e a demanda para cada sistema - e também de novas alternativas de transporte. O método mais simples de alocação é o tudo ou nada, encontrando a

rota de mínimo custo para os pares de O-D, alocando o tráfego ali. Porém, essa técnica não considera o congestionamento (CAMPOS, 2013).

2.8 Órgãos reguladores

O transporte aéreo é regido por regulamentações, e isso ocorre devido a utilização de alta tecnologia do setor, a exigência de altos padrões de segurança e pelos voos que sobrevoam tanto territórios nacionais quanto internacionais. Dentre as principais autoridades internacionais estão o *International Civil Aviation Organization* (ICAO), o *International Air Transport Association* (IATA) e a *Federal Aviation Administration* (FAA).

A ICAO, também conhecida como Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), é uma agência especializada das Nações Unidas e um dos marcos da evolução da aviação foi a Convenção de Chicago de 1944. Desde então, há normas internacionais e práticas recomendadas para a aviação internacional através dos anexos, sendo o mais atual o Anexo 14 – com a Emenda 15 em vigor (ANAC, 2021). É considerada a principal organização governamental de aviação civil, é formada por 193 Estados Membros, sendo o Brasil um membro-fundador.

O órgão internacional *International Air Transport Association* (IATA), responsável pela regulação do transporte aéreo, reúne empresas de todo o mundo e é uma organização global de comércio, que busca facilitar a assistência aos acessos aéreos, coordena as atividades de taxações tarifárias e conta com estrutura e instrumentos avançados (JUNIOR, 2008).

Com a autonomia dada aos Estados para definir padrões de projetos de aeroportos domésticos, foi fundada a *Federal Aviation Administration* (FAA) nos Estados Unidos (SILVA, 2012). Responsável pelos programas de segurança, fiscalização e regras no projeto, construção e operação dos aeroportos no país, a FAA regula a aviação civil através da publicação de *Advisory Circular* (ACs). A principal norma da FAA para projeto de aeródromos é a FAA AC 150/5300-13, abordando critérios de projeto e considerações sobre segurança e eficiência dos aeródromos (SOBRINHO, 2016).

Ao se analisar a documentação que regulamenta a elaboração de projetos de aeroportos no Brasil, é possível notar que é elaborada com base na documentação internacional. O projeto de aeródromos tem a Agência Nacional de

Aviação Civil (ANAC) com o Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC) n° 154, atualmente na Emenda 07. O RBAC n° 154 basicamente é uma tradução do Anexo 14 da ICAO, com algumas recomendações para os padrões dos aeródromos brasileiros (SILVA, 2012). Com a Emenda 15 do Anexo 14 da OACI, foi atualizado o RBAC n° 154, incorporando elementos presentes na Emenda 07.

Outro órgão no Brasil é a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero), empresa pública que administra os aeroportos brasileiros e é responsável pela rede de Terminais de Logísticas de Carga em todo o território nacional, e a Receita Federal no Terminal de Cargas, onde há movimentação de cargas nacionais, expressas, importadas e exportadas (RUDNIK, 2011).

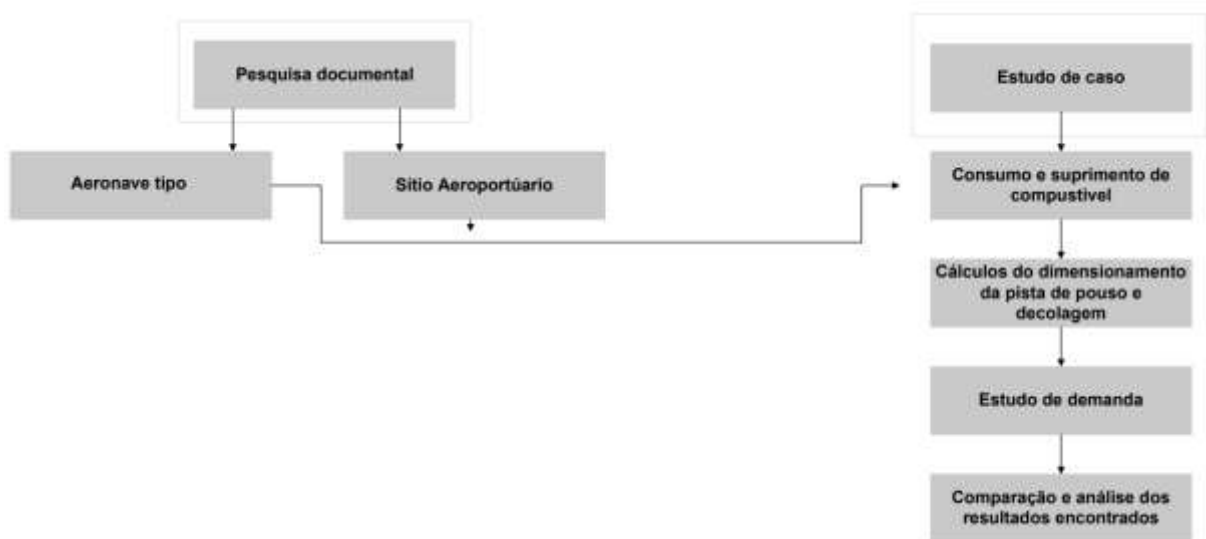
Assim, é importante analisar que a administração da aviação civil no Brasil está relacionada aos dois órgãos responsáveis pelo setor, a ANAC e a Infraero, baseados nas normas da ICAO/OACI. Porém, as normas norte-americanas com padrões elevados são influentes e respeitadas no mundo, com parâmetros de classificação relativos a segurança que são adotados internacionalmente, inclusive no Brasil.

Para se verificar as características físicas da pista é utilizado a RBAC-154 da ANAC. Na verificação do comprimento da pista, por a RBAC-154 não disponibilizar nenhum método, mas possuir em suas exigências procedimentos do método da FAA, é utilizado o método proposto pela FAA, a AC 150/5325-4B.

3 MÉTODO

Este capítulo é referente ao método adotado para a realização deste trabalho. O fluxograma da Figura 13 resume as etapas que são explicadas em detalhes na sequência.

Figura 13 – Fluxograma das atividades



Fonte: Elaboração própria (2022).

Os principais documentos analisados para definir o método foram a *Advisory Circular 150/5325-4B* (FAA, 2005), que trata sobre o método de dimensionamento do comprimento da pista recomendado para a aeronave de projeto e a RBAC nº 121, emenda nº 14, que aborda o consumo de combustível.

No estudo, a primeira etapa envolve a pesquisa documental, onde é obtido informações da aeronave tipo e do sítio aeroportuário, relevantes para a análise do comprimento da pista de pouso e decolagem. A segunda etapa é o estudo de caso relacionado com o cálculo do consumo de combustível, dimensionamento da pista e avaliação da demanda.

3.1 Cálculo do consumo de combustível

O consumo de combustível do presente trabalho é calculado através dos dados obtidos pela ANAC (2021). O relatório contém dados da origem e destino, combustível em litros, distância voada em quilômetros e horas voadas, assim é

possível verificar o desempenho do Boeing 767-300F nesse trecho direto de Miami para Florianópolis. Além dessa análise, através de contato com um piloto da companhia aérea Latam, a discussão sobre o consumo médio foi levada em consideração neste trabalho.

A relação do combustível, segundo o manual, é de que cada litro pesa 0,8028 quilos. O regulamento que rege os tipos de aeronaves e tipos de operação para se analisar o combustível mínimo é a RBAC nº 121 – emenda nº 14. É abordado o cálculo do combustível mínimo requerido para um voo.

Para aviões turbo-fan, aeronave tipo do presente estudo, o cálculo de combustível mínimo deve incluir:

- O combustível até o aeródromo de destino, desde a decolagem até o pouso no destino, incluindo combustível de taxi;
- O combustível de contingência, para fatores imprevistos, 10% do combustível até o pouso no aeródromo de destino;
- O combustível para uma rota alternativa;
- O combustível de reserva final, para aviões com motor a turbina é a quantidade de combustível requerida para voar 30 minutos.

Assim, a Equação 1 apresenta o combustível mínimo e obrigatório que a aeronave precisa apresentar para decolar no aeroporto de origem.

$$A + B + (10\% \text{ do tempo de } A+B) + C + D \quad (1)$$

Onde:

A+B = combustível para a distância entre aeroporto de origem e destino (kg)

C = combustível para a distância entre aeroporto de destino até aeroporto alternativo (kg)

D = combustível para voar 30 minutos (kg)

Dessa forma, 3 aeródromos fazem parte de cada planejamento de voo – origem, destino e alternativo. Importante citar que o combustível da reserva final de 30 minutos não deve ser utilizado, se a aeronave pousar com menos do que a quantidade prevista para esses 30 minutos, a aeronave se encontra em emergência.

Na maior parte dos voos, é comum que a aeronave decole ainda com combustível extra na navegação, chamada de *tankering*. Isso ocorre porque a

aeronave decolando com o combustível mínimo regulamentar, não dispõe de margem extra para possíveis contingências como turbulência, desvios, tráfego aéreo intenso, entre outros. Diferente do combustível da reserva final, esse combustível extra pode ser utilizado durante o voo.

3.2 Método de dimensionamento do comprimento de pista de pouso e decolagem

As características físicas de um aeroporto estão relacionadas às aeronaves que irão operar e ao tipo de tráfego esperado, assim como é levado em consideração as características da localização do sítio aeroportuário (EURICH, 2008). As rotas aéreas foram estabelecidas com base em uma rota já operada, Miami à Florianópolis, e nas perspectivas de novas conexões com comércio de cargas internacional da Europa, sendo o Aeroporto de Lisboa um dos aeroportos europeus mais próximos do Aeroporto Internacional de Florianópolis, visto como porta de entrada da conexão entre o comércio de cargas entre Florianópolis e a Europa. Dessa forma, as rotas estudadas na presente pesquisa são pouso e decolagem entre: Florianópolis (FLN) – Miami (MIA) e Florianópolis (FLN) – Lisboa (LIS).

As aeronaves precisam de uma distância mínima para acelerar até decolarem e para desacelerar após pousarem, sendo o comprimento da pista de pouso e decolagem calculado para acomodar a operação das mesmas, conforme exposto anteriormente na revisão de literatura.

É preciso informações referentes à altitude e temperatura externa do ar, porque em altas altitudes e altas temperaturas o ar é menos denso do que o ar mais frio em temperaturas mais baixas, sendo que essa densidade determina o desempenho de decolagem de uma aeronave (YOUNG; WELLS, 2014). Para a declividade longitudinal efetiva, é analisado o ponto mais alto e o ponto mais baixo da pista dividido pelo comprimento da pista, chegando assim em um valor de porcentagem, e com isso é preciso fazer a correção no comprimento de 10% a cada 1% de declividade longitudinal efetiva.

Para a verificação do comprimento da pista de pouso e decolagem, é utilizada as diretrizes do RBAC nº 154 (2021), onde diz que o comprimento da pista deve satisfazer os requisitos operacionais das aeronaves no qual a pista é

destinada. Porém, esse documento não disponibiliza método de dimensionamento. Dessa forma, para auxiliar as normas federais, a FAA divulga uma série de circulares consultivas, mais conhecidas como AC (*Advisory Circular*). A AC 150/5325-4B trata das Exigências de Comprimento de Pista para Projetos de Aeroporto, e é utilizada porque apresenta procedimentos e métodos que atendem as exigências da ANAC, além de se basear no Peso Máximo de Decolagem (PMD), do inglês *Maximum Takeoff Weights* (MTOW), que considera a performance da aeronave e as características do sítio aeroportuário.

A FAA utiliza um procedimento, e já adaptado para o caso desse estudo, está descrito por etapas:

- 1) Identificar a aeronave tipo: análise do voo cargueiro, o Boeing 767-300F.
- 2) Determinar o método para estabelecer o comprimento de pista recomendado: a aeronave de projeto identificada, o Boeing 767-300F, terá o comprimento determinado de forma individual, avaliando o peso operacional de decolagem e de pouso do avião mais crítico.
- 3) Coletar informações nas tabelas contidas na *Advisory Circular* ou obter o manual de planejamento aeroportuário do fabricante de avião, no caso o da Boeing.
- 4) Coletar as informações referentes ao sítio aeroportuário, quanto à declividade longitudinal da atual pista, altitude e temperatura de referência.
- 5) Selecionar o comprimento de pista recomendado com o uso dos ábacos e informações presentes nos manuais de planejamento aeroportuário dos fabricantes de aviões.

A principal fonte de consulta para realizar a determinação do comprimento de pista são os ábacos de performance da aeronave tipo, podendo os mesmos serem encontrados na página dos fabricantes da aeronave, o manual denominado "*Airplane Characteristics for Airport Planning*", que no presente estudo, é a Boeing. A maior parte dos manuais contém mais de um ábaco para a mesma aeronave, geralmente para as diferentes temperaturas médias altas, em função da localização do sítio aeroportuário. O ábaco a ser utilizado é aquele com a temperatura mais

próxima da alta média, durante o mês mais quente, do aeroporto em análise (HORONJEFF *et al.*, 2010).

Dependendo da rota desejada para a aeronave, das condições como carga paga (*payload*), declividade da pista, temperatura e altitude locais, é que se obtém o comprimento de pista necessário para a decolagem da aeronave (PMD). Para se obter o peso máximo de decolagem é usado o ábaco da relação entre carga paga e alcance, e para o dimensionamento do comprimento da pista de pouso e decolagem é usado o ábaco da relação entre comprimento da pista de pouso e decolagem e o peso máximo de decolagem.

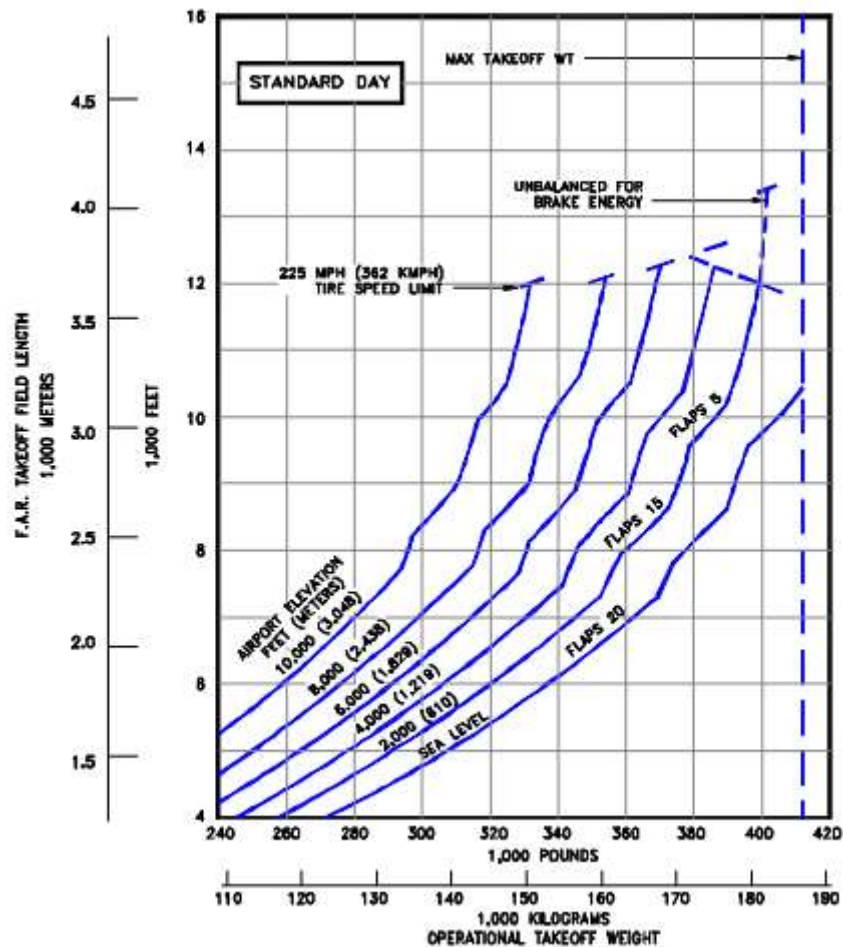
Sobre os dados necessários do Aeroporto Internacional de Florianópolis, a altitude e temperatura de referência são encontradas no AISWEB ROTAER, a declividade está disponível na página do Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA).

Já em relação ao Aeroporto Internacional de Miami, a temperatura de referência pode ser vista no *Aviation Weather Center* (AWC), a elevação no *Aeronautical Information Publication* (AIP), vigésima primeira edição de 2016. A declividade é desconhecida.

Sobre os dados do Aeroporto Internacional de Lisboa, as informações referentes à temperatura de referência, altitude e declividade são encontradas do AIP de Portugal, do ano de 2016.

Quanto ao ábaco da relação entre comprimento da pista de pouso e decolagem e o peso máximo, apresentado na Figura 14, é sempre escolhido utilizar o ábaco presente no manual da aeronave que representa melhor as condições do sítio aeroportuário quanto a temperatura de referência e altitude do aeroporto em análise, sendo possível verificar o comprimento da pista. *Standard day*, ou dia padrão, é a temperatura referente a 15°C.

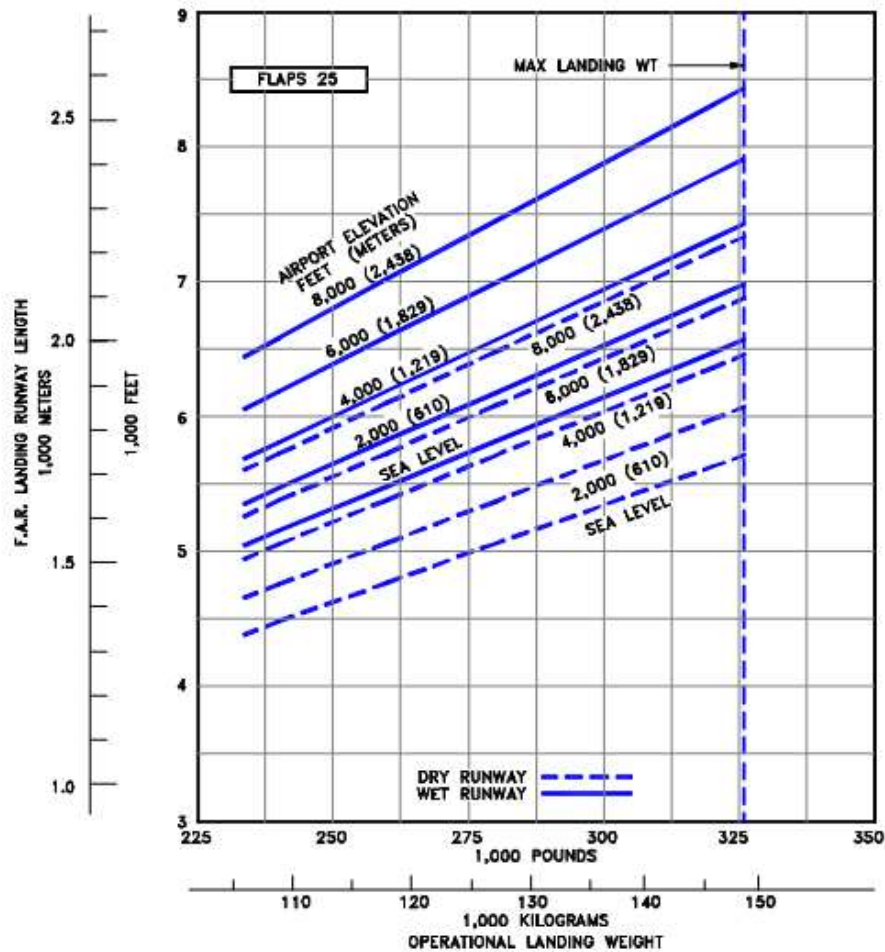
Figura 14 – Exemplo de ábaco do Boeing 767-300F: relação entre comprimento da pista de pouso e decolagem e o peso máximo de decolagem



Fonte: Boeing Commercial Airplanes (2011).

É preciso também calcular o comprimento de pista necessário para o pouso da aeronave de projeto, e para fins de planejamento do aeroporto, o comprimento é projetado para condições de pista molhada, utilizando o valor do peso máximo de pouso (PMP). O ábaco utilizado é como o da Figura 15, presente no manual “Airplane Characteristics – Airport Planning”, que correlaciona o comprimento da pista e o peso máximo de pouso.

Figura 15 – Exemplo de ábaco do Boeing 767-300F: relação entre o comprimento da pista de pouso e decolagem e o peso máximo de pouso



Fonte: Boeing Commercial Airplanes (2011).

3.2.1 Exemplo de dimensionamento do comprimento da pista de pouso e decolagem

Um exemplo do procedimento de dimensionamento do comprimento da pista e decolagem é apresentado em Horonjeff *et al.* (2010), considerando uma situação de um aeroporto com elevação de 1000 pés (304,8 m), temperatura de referência de 84°F (28,88°C). A aeronave de projeto é o Boeing 737-900, com motor CFM56-7B27. No aeroporto está sendo projetado para ter um gradiente de pista de 20 pés (6,10 m).

Com essas informações, a primeira etapa é buscar o manual da aeronave de projeto, o Boeing 737-900 com motor CFM56-7B27. A Tabela 3 apresenta as informações presentes no manual sobre o Peso Máximo de Decolagem (PMD) e o

Peso Máximo de Pouso (PMP), nesse caso, de respectivamente 174.200 lb (79.016 kg) e 146.300 lb (66.361 kg).

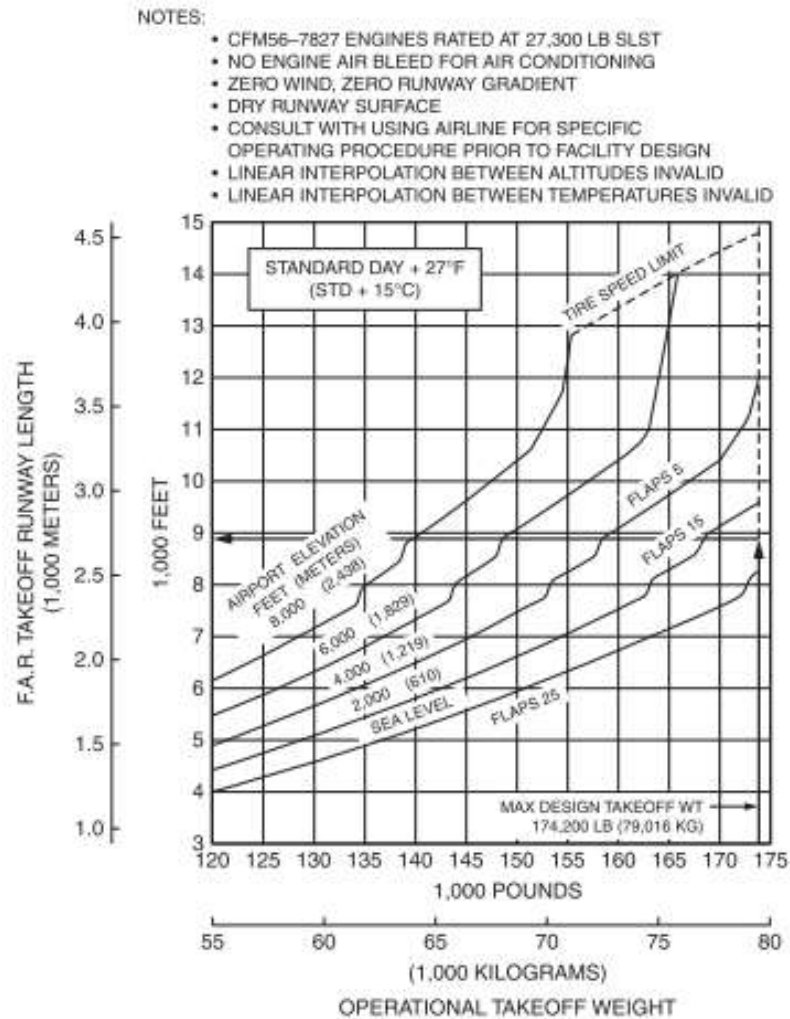
Tabela 3 – Características do peso do Boeing 737-900

Características	Unidade	B737-900	
Peso Máximo Estrutural	lb	164.500	174.700
	kg	74.616	79.243
Peso Máximo de Decolagem (PMD)	lb	164.000	174.200
	kg	74.389	79.016
Peso Máximo de Pouso (PMP)	lb	147.300	146.300
	kg	66.814	66.361
Peso Máximo Zero Combustível (PZC)	lb	138.300	140.300
	kg	62.732	63.639
Peso Operacional Vazio (POV)	lb	94.580	94.580
	kg	42.901	42.901
Carga Paga Máxima (CPM)	lb	43.720	45.720
	kg	19.831	20.738
Capacidade Máxima de Combustível	lb	46.063	46.063
	kg	20.894	20.894
	litros	26.022	26.022

Fonte: Adaptado de Horonjeff *et al.* (2011).

Para o cálculo do comprimento da pista na situação de decolagem, será utilizado o gráfico de desempenho da aeronave: relação do comprimento da pista e do peso máximo de decolagem (PMD). Com a temperatura de referência de 28,88°C, o ábaco da aeronave que se enquadra mais próximo dessa situação é o da Figura 16, Standard day + 15°C. Assim, com uma linha vertical saindo da base, com o PMD de 79.016 kg, interpolando entre as linhas do nível do mar e de 610 m, para representar justamente o aeroporto em análise que fica a 305 m, foi encontrado um comprimento de pista para decolagem de aproximadamente de 2.680 m.

Figura 16 – Ábaco do Boeing 737-900: relação do comprimento da pista de pouso e decolagem e do peso máximo de decolagem

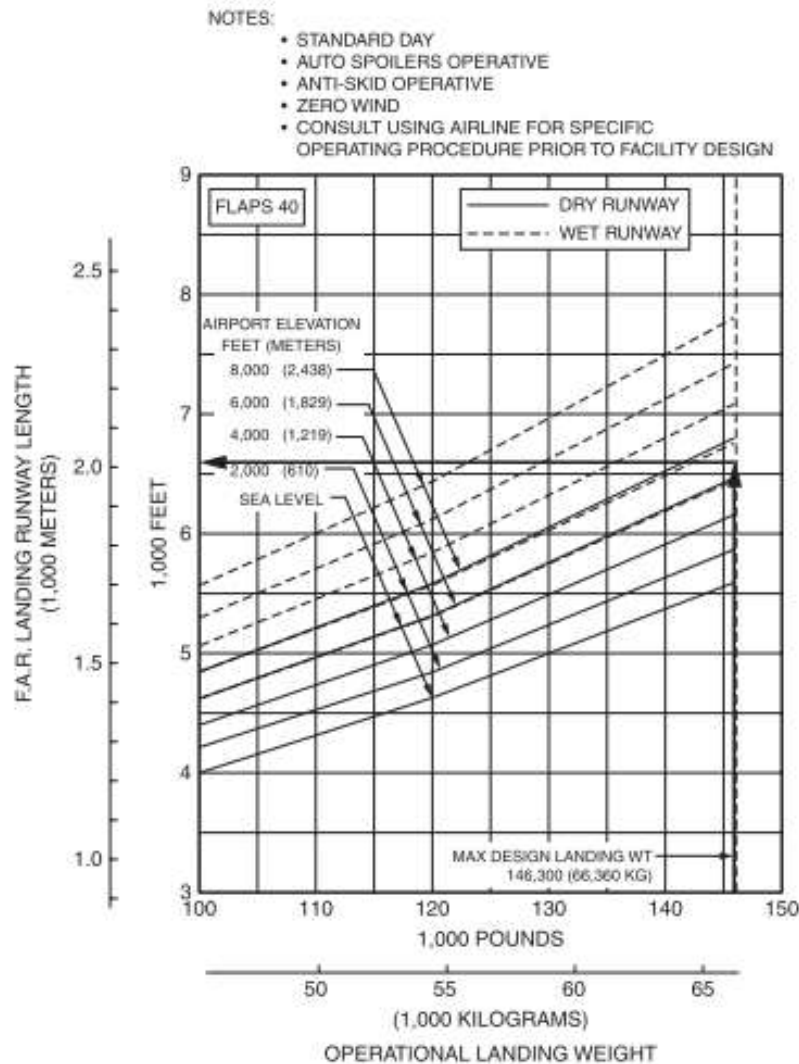


Fonte: Horonjeff *et al.* (2011).

Esse valor é para a situação de pista nivelada, mas nesse exemplo, há um gradiente de pista de 6,10 m. Para cada 0,3048 metros de gradiente, foi adicionado 3,048 m no comprimento. Dessa forma, foi adicionado 60 m no comprimento, resultando em 2.740 m de comprimento de pista para a situação de decolagem.

Para o cálculo do comprimento da pista na situação de pouso, é utilizado o ábaco da relação do comprimento da pista e do peso máximo de pouso (PMP), a situação crítica é a de pista molhada, referente à linha tracejada da Figura 17. Dessa forma, uma linha vertical é traçada da base, com o PMP de 66.361 kg, interpolando entre as linhas do nível do mar e de 610 m, para representar justamente o aeroporto em análise que fica a 305 m. Uma linha horizontal é traçada, estimando o comprimento da pista para pouso de aproximadamente de 2010 m.

Figura 17 – Ábaco do Boeing 737-900: relação do comprimento da pista de pouso e decolagem e do peso máximo de pouso



Fonte: Horonjeff *et al.* (2011).

Da mesma forma, esse valor é para a situação de pista nivelada, e no exemplo, há um gradiente de pista de 6,10 m. Então, foi adicionado 60 m no comprimento, resultando em 2.070 m de comprimento de pista para a situação de pouso.

Concluindo, para fins de projeto, o comprimento da pista de pouso e decolagem adotado é o mais longo necessário, suficiente para garantir a segurança nas duas situações, de pouso e decolagem da aeronave. Valor adotado no exemplo é de comprimento da pista P&D de 2.740 m.

3.3 Estudo de demanda

O transporte aéreo por ser uma atividade-meio, a demanda por transportes possui dependência nos demais setores da economia e também das atividades humanas (MELLO, 1981). Dessa forma, existem diversos métodos com a finalidade de realizar previsões de demanda para transporte aéreo de cargas.

Conforme colocado por Spitz e Golaszewski (2007), há quatro abordagens para modelar e prever demanda para as atividades aeroportuárias: previsão de participação de mercado, modelo econométrico, modelo de série temporal e modelo de simulação. Porém, o modelo clássico (sequencial ou quatro etapas) é amplamente utilizado.

Neste estudo, para fins de simplificação de um estudo de demanda para esse trabalho acadêmico, foi adotada a análise através da projeção de demanda por regressão linear para a previsão da demanda de carga aérea, utilizando os dados históricos coletados no SISCOMEX.

No SISCOMEX, é possível filtrar as informações desejadas: importação ou exportação, período de análise, país de origem do produto, unidade federativa, a via, Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM), quilograma líquido, valor em dólar, entre outros.

4 CARACTERIZAÇÃO DOS PARÂMETROS

Nesta seção, são apresentados conceitos envolvidos no planejamento de um aeroporto. O primeiro tópico aborda características da aeronave tipo, enquanto o tópico seguinte trata das características dos sítios aeroportuários em estudo.

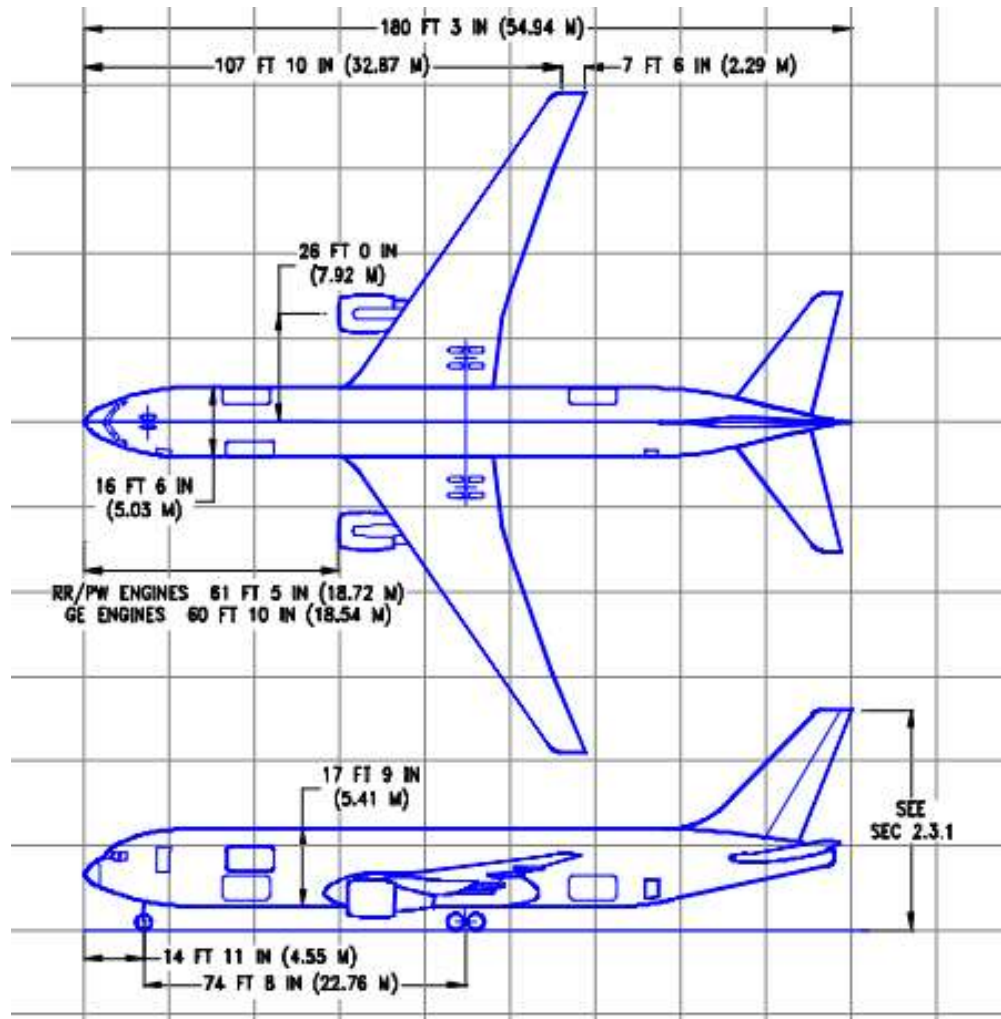
4.1 Aeronave tipo

Com as aeronaves influenciando diretamente no comprimento de pista de pouso e decolagem, devido à suas características de performance, peso máximo de pouso e peso máximo de decolagem, definir a aeronave tipo de projeto e suas características para utilizá-la nos dimensionamentos é essencial.

A aeronave tipo desse estudo, o Boeing 767-300F, é utilizada para o transporte de mercadorias. Suas características constam no manual chamado de “*Airplane Characteristics for Airport Planning*”, cedido pelo fabricante, a Boeing. Possui motores turbofan GE CF6-80C2F. Suas principais dimensões, apresentadas na Figura 18 e Figura 19, são:

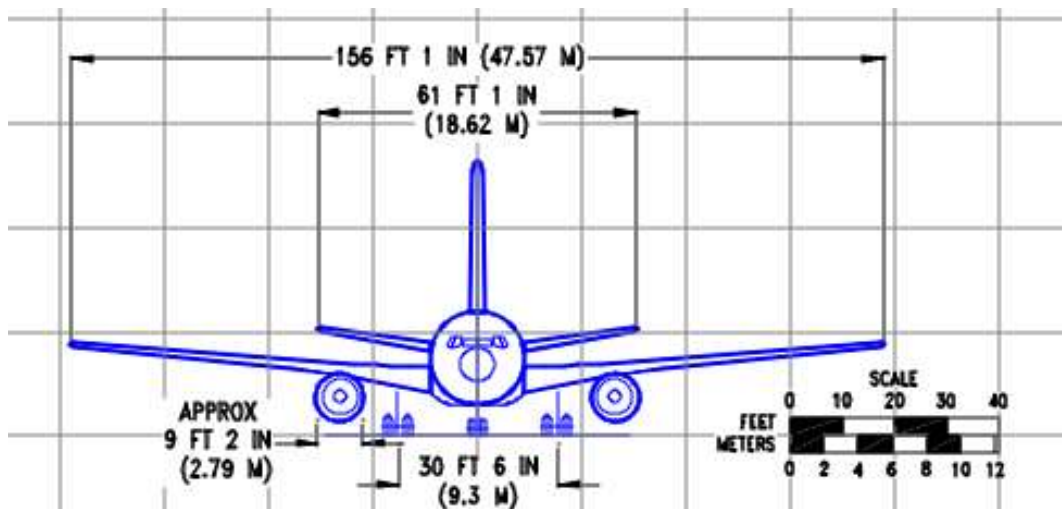
- Altura – 15,90 metros;
- Envergadura – 47,57 metros;
- Bitola – 9,30 metros;
- Comprimento – 54,94 metros;
- Base – 22,76 metros.

Figura 18 – Dimensões da aeronave Boeing 767-300F – vista de cima e de perfil



Fonte: Boeing Commercial Airplanes (2011).

Figura 19 – Dimensões da aeronave Boeing 767-300F – vista de frente



Fonte: Boeing Commercial Airplanes (2011).

Em relação às suas características de performance, essas informações são fundamentais para o dimensionamento do comprimento da pista de pouso e decolagem dos aeroportos. É possível verificar esses dados fornecidos pelo fabricante da aeronave, a Boeing, apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Características de Performance da aeronave B767-300F

Modelo da Aeronave		B767-300F
Motor		CF6-80C2F
Peso Estrutural Máximo	lb	413.000
	kg	187.334
Peso Máximo de Decolagem (PMD)	lb	412.000
	kg	186.880
Peso Máximo de Pouso (PMP)	lb	326.000
	kg	147.871
Peso Máximo Zero Combustível (PZC)	lb	309.000
	kg	140.160
Peso Operacional Vazio (POV)	lb	188.000
	kg	85.275
Carga Paga Máxima (CPM)	lb	121.000
	kg	54.885
Capacidade Máxima de Combustível	lb	161.740
	kg	73.364
	litros	91.380

Fonte: Boeing Commercial Airplanes (2011).

4.2 Sítio aeroportuário

4.2.1 Aeroporto Internacional de Florianópolis

O Aeroporto Internacional de Florianópolis, também conhecido como Aeroporto Hercílio Luz, está situado no sul do Brasil, no estado de Santa Catarina, atendendo o comércio e turismo da região.

Após a concessão desse aeroporto, o período de 2017 até 2019 foi marcado pelas obras, que envolveram a construção do novo terminal de passageiros com dois níveis operacionais, de um novo pátio de aeronaves capaz de atender aeronave Código “E” (envergadura maior ou igual a 52 m e menor que 65 m) e de estacionamento de veículos.

Além dos investimentos citados, na infraestrutura foi necessário:

- Adequar o acostamento da pista P&D 14/32 para atender o código “E”;
- Adequar as pistas de táxi, acostamentos e faixas de pista;
- Ampliação da pista de pouso e decolagem 14/32 em 100 m;
- Implantação de RESA com a dimensão de 240mx150m (comprimento e largura, respectivamente) nas cabeceiras da pista P&D 14/32;
- Implantação de pista de táxi paralela no lado sul, atendendo o Código “E”.

Além da movimentação de passageiros devido ao novo terminal, com capacidade 5 vezes maior do que o antigo, o ano de 2018 foi marcado pela inauguração das novas instalações para o TECA de Florianópolis, sendo esse o mais equipado e ágil do estado de Santa Catarina. Cerca de 72% das cargas do TECA são liberadas em até 24 horas, há 3 horários de parametrização, amplo espaço de manobra e espaço para armazenamento com segregação para todos os tipos de carga. Com isso, o também conhecido *Floripa Airport Cargo*, vem se consolidando a cada mês como uma excelente opção para o transporte de cargas aéreas (FLORIPA AIRPORT, 2020).

O aeroporto possui duas pistas de pouso e decolagem, 14/32 e 03/21, com sistema de pistas de táxi de apoio para ambas. A pista de pouso e decolagem principal é a 14/32, podendo operar as aeronaves do código E, sendo essa a pista analisada no presente trabalho.

Dessa forma, as características da pista de pouso e decolagem 14/32 após as obras realizadas nesse período estão apresentadas na Tabela 5, sendo o acostamento presente nos dois lados da pista. A pista de pouso e decolagem 14/32 poderá receber aeronaves de código E, que exigem 60m de área pavimentada, considerando a largura da pista e acostamento. Atualmente, o novo terminal possui 45 posições de *check-in*, 13 portões de embarque sendo 2 deles internacionais, 8 esteiras para restituição de bagagens com 2 destinadas aos voos internacionais (ZURICH AIRPORT, 2019).

Tabela 5 – Características da pista de pouso e decolagem 14/32

Pista	Antes da concessão		Depois da concessão	
	Comprimento x Largura	Acostamento	Comprimento x Largura	Acostamento
Pista 14/32	2.300x45m	5m	2.400x45m	7,5m

Fonte: Elaboração própria (2022).

A pista 14/32 do Aeroporto Internacional de Florianópolis é composta pela faixa de pista com 60 m de comprimento além das cabeceiras e RESA com dimensão de 240x150m nas duas cabeceiras após a faixa de pista. As coordenadas geográficas de referência do aeródromo são 27°40"13'S e 48°33"09'W. A Figura 20 apresenta uma adaptação de imagem do Google Earth com as pistas e distâncias da pista principal.

Figura 20 – Distâncias da pista de pouso e decolagem 14/32



Fonte: Adaptado de Google Earth (2022).

As distâncias declaradas antes e depois da concessão do aeroporto encontram-se na Tabela 6. Nesse caso, o comprimento da pista é balanceado, porque não há *clearway* nem *stopway*.

Tabela 6 – Distâncias declaradas da pista de pouso e decolagem 14/32

Distâncias declaradas	Antes da concessão		Depois da concessão	
	Cabeceira 14	Cabeceira 32	Cabeceira 14	Cabeceira 32
Superfície utilizável para decolagem (TORA) (m)	2.300	2.300	2.400	2.400
Distância utilizável para decolagem (TODA) (m)	2.300	2.300	2.400	2.400
Distância utilizável para parada de decolagem (ASDA) (m)	2.360	2.360	2.400	2.400
Distância utilizável para pouso (LDA) (m)	2.300	2.300	2.400	2.400

Fonte: Elaboração própria (2022).

A declividade longitudinal da pista, de acordo com a carta disponível na página do DECEA, é de 0,033%. Esse valor é a diferença entre a elevação do ponto mais alto e mais baixo da pista, respectivamente 5,3 e 4,5 m, dividido pelo comprimento total da pista de 2.400 m. Quanto à altitude, segundo a página do AISWEB ROTAER, o Aeroporto Internacional de Florianópolis se encontra a 5,13 m acima em relação ao nível do mar.

Para a temperatura de referência, as cartas presentes na página do AISWEB DECEA trazem informações sobre a temperatura de referência, da análise histórica de 1980 a 2006. O valor encontrado e adotado como temperatura de referência é de 29,0°C, equivalente a 84,2°F.

4.2.2 Aeroporto Internacional de Miami

O Aeroporto Internacional de Miami está situado no Condado de Miami-Dade, na Flórida, Estados Unidos. Possui 4 pistas de pouso e decolagem:

- 09/27: 3.962 m (12.999 pés);
- 08R/26L: 3.202 m (10.505 pés);
- 08L/26R: 2.621 m (8.599 pés);
- 12/30: 2.851 m (9.354 pés).

Para a temperatura de referência, o AWC apresenta informação de 29,30°C. Quanto à altitude, segundo o AIP, é 2,59 m (8,5 pés). A declividade é desconhecida.

4.2.3 Aeroporto Internacional de Lisboa

O Aeroporto Internacional de Lisboa está situado em Olivais, Lisboa, Portugal. Possui 2 pistas de pouso e decolagem:

- 03/21: 3.800 m (12.467 pés);
- 17/35: 2.510 m (8.235 pés).

Para a temperatura de referência, altitude e declividade, o AIP de Portugal apresenta esses dados importantes para a realização deste trabalho, sendo respectivamente 24,20°C, 114 m (374 pés) e declividade na pista 03/21 de 0,22% e na pista 17/35 de 0,52%.

5 RESULTADOS

5.1 Consumo de combustível

Segundo os dados presentes no relatório da ANAC (2021), o consumo médio de combustível que a aeronave tipo, o Boeing 767-300F, vem realizando no voo atual de importação de MIA para FLN é de 4.200 kg/h com velocidade média de 790 km/h. Conforme os dados obtidos em entrevista com piloto da Latam, a média nesse trecho é de 4.488 kg/h de consumo, enquanto para o trecho entre LIS e FLN o consumo médio é um pouco maior por atravessar o oceano atlântico, cerca de 5.102 kg/h. Esses valores então serão adotados por trecho, por representarem melhor a realidade de médias de consumo diferentes a depender do trecho realizado pelo voo. A velocidade média é cerca de 830 km/h para os dois trajetos.

A distância da rota de voo entre o aeroporto de Florianópolis (FLN) e o aeroporto de Miami (MIA) é de 7.119,08 km. Já a distância do aeroporto de Florianópolis (FLN) e o aeroporto de Lisboa (LIS) é de 8.387 km. Considerando a velocidade média, a primeira rota leva cerca de 8h 40 min e a segunda rota cerca de 10h e 42 min. Os aeroportos alternativos são, respectivamente para essas rotas, aeroporto Internacional de Palm Beach (PBI) e aeroporto do Porto (OPO). O cálculo de combustível entre aeroporto de origem e destino está apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 – Cálculo de combustível entre aeroporto origem e destino

Origem	Destino	Combustível (kg)
FLN	MIA	38.494
MIA	PBI	674
FLN	LIS	51.555
LIS	OPO	1.871

Fonte: Elaboração própria (2022).

Conforme a RBAC n° 121, é exigido o mínimo de combustível conforme expresso na Equação 1, a análise para as etapas de voo FLN – MIA e FLN – LIS estão apresentadas na Tabela 8. O combustível mínimo para a rota de FLN – MIA é de 44.118 kg de combustível, equivalente a 54.955 litros. Enquanto o combustível mínimo para a rota FLN – LIS é de 59.681 kg, ou seja, 74.341 litros.

Tabela 8 – Combustível mínimo para as rotas Miami (MIA) – Florianópolis (FLN) e Lisboa (LIS) – Florianópolis (FLN)

Etapa de Voo	A+B (kg)	A + B + 10% do tempo de A-B (kg)	C (kg)	30 minutos (kg)	Total (kg)	Total (l)
FLN - MIA	38.494	42.343	674	1.100	44.118	54.955
FLN - LIS	51.555	56.710	1.871	1.100	59.681	74.341

Fonte: Elaboração própria (2022).

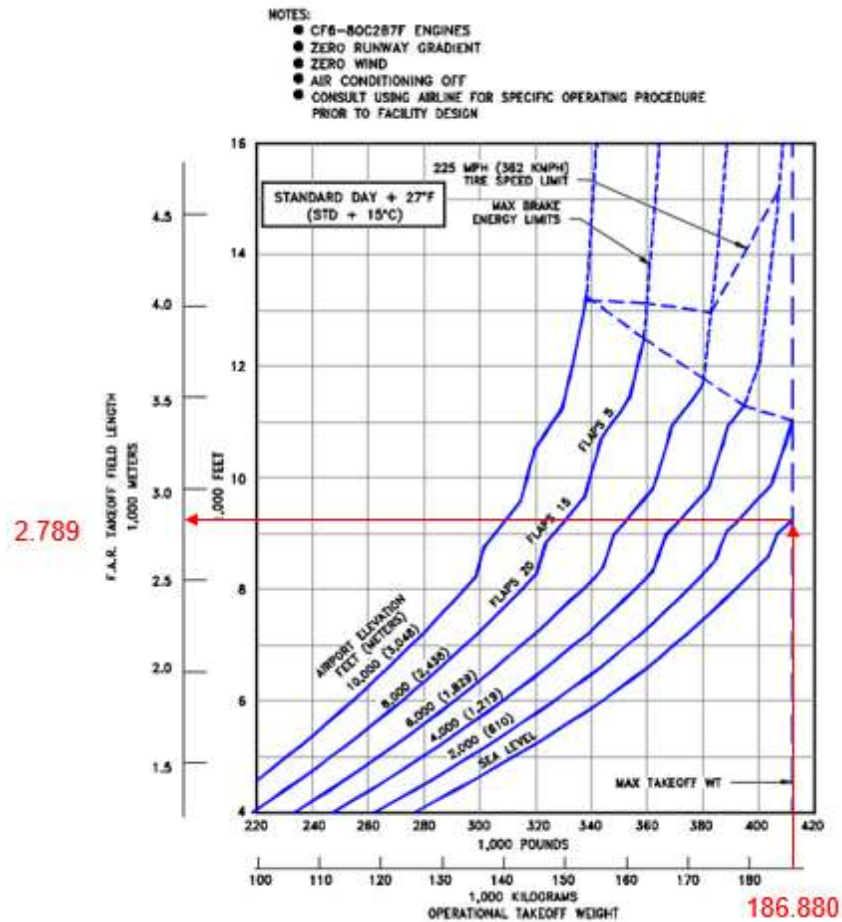
5.2 Análise do comprimento atual da pista de pouso e decolagem

5.2.1 Verificação do Aeroporto Internacional de Miami – decolagem com peso máximo de decolagem (PMD) no comprimento atual em Miami

Com os dados da aeronave tipo, o cálculo envolve a análise do peso máximo de decolagem (PMD) no aeroporto de Miami, considerando o atual comprimento das pistas de pouso e decolagem.

Para calcular o comprimento da pista necessário ao considerar a aeronave decolando com seu Peso Máximo de Decolagem de 186.880 kg (412.000 lb), é preciso analisar o ábaco da Figura 21 que relaciona o comprimento da pista de pouso e decolagem no eixo vertical e o peso máximo de decolagem no eixo horizontal, motor CF6-80C2F, situação de vento calmo, desnível geométrico da pista nulo e dia padrão + 15° (temperatura de referência 29,30°C). Inserindo o PMD no eixo horizontal, até a linha referente à altitude do nível do mar desse aeroporto, o resultado encontrado é um comprimento da pista de pouso e decolagem de 2.789 m (9.150 pés).

Figura 21 – Análise do comprimento da pista em Miami do Boeing 767-300F – PMD de 186.880kg

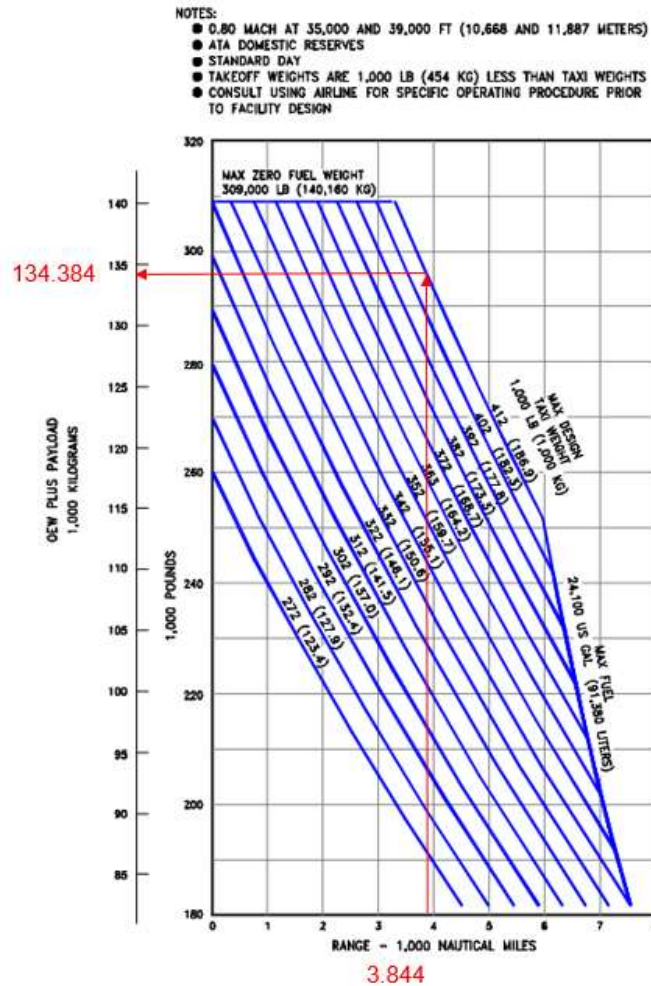


Fonte: Adaptado de Boeing Commercial Airplanes (2011).

O Aeroporto Internacional de Miami possui três pistas de pouso e decolagem com comprimento superior a esse valor, a única exceção é a pista 08L/26R. Então, não haverá problemas quanto à decolagem com o PMD nesse aeroporto.

Então, é preciso avaliar qual o *payload* máximo que o Boeing 767-300F poderá decolar com o PMD, para cumprir a etapa entre Miami – Florianópolis, com distância de 3.844 milhas náuticas. Assim, com esse dado de entrada no eixo horizontal do ábaco da Figura 22, até a linha do PMD de 186.880 kg, para o trajeto de Miami até Florianópolis o *payload* + o Peso Operacional Vazio (POV) é de 134.384 kg (296.000 lb).

Figura 22 – Payload/range do Boeing 767-300F com motor CF6-80C2F – Miami para Florianópolis – PMD de 186.880kg



Fonte: Adaptado de Boeing Commercial Airplanes (2011).

Com isso, o valor do POV dessa aeronave é fixo 85.275 kg (188.000 lb), assim é possível verificar o valor de Carga Paga permitida para o trajeto Miami e Florianópolis de 49.109 kg (108.266 lb), 89,5% da capacidade máxima de carga da aeronave (54.885kg). A Tabela 9 apresenta essa relação.

Tabela 9 – Análise da Carga Paga Admissível para o trecho de Miami-Florianópolis

Aeronave B767-300F - Motor CF6-80C2F		Miami - Florianópolis
Peso Operacional Vazio (POV)	lb	188.000
	kg	85.275
Carga Paga Admissível	lb	108.267
	kg	49.109
SOMA	lb	296.266
	kg	134.384

Fonte: Elaboração própria (2022).

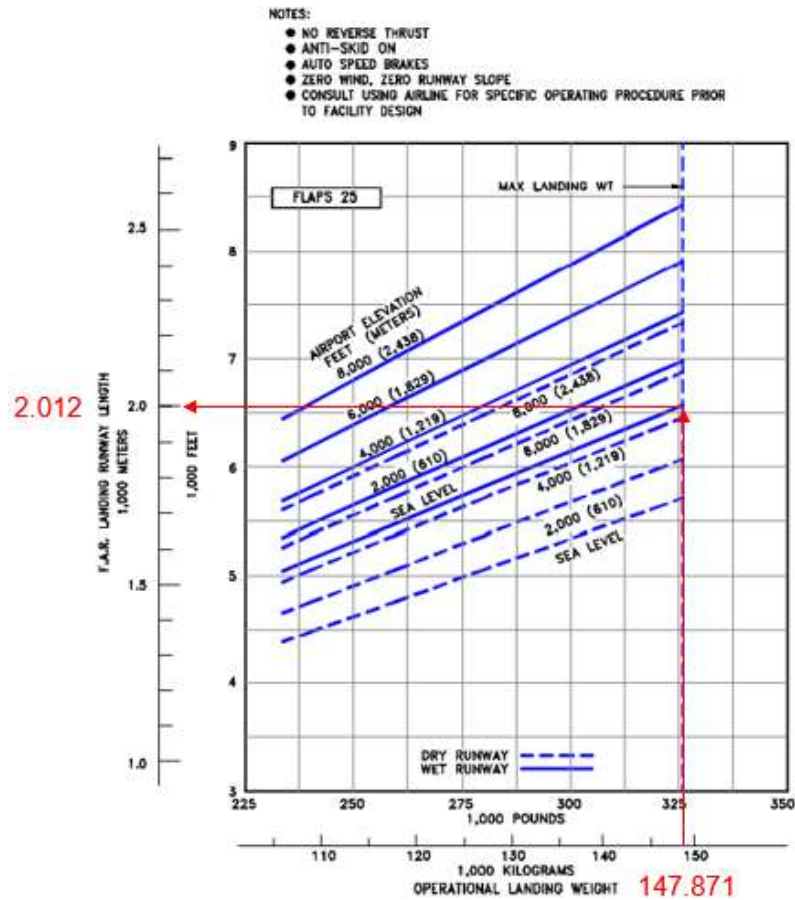
É possível notar, na Figura 22, que nas etapas acima de 3.300 milhas náuticas, apesar da aeronave decolar com o Peso Máximo de Decolagem, haverá uma restrição no *payload* máximo. Isso ocorre devido ao acréscimo do consumo de combustível para atender a etapa.

5.2.2 Verificação do Aeroporto Internacional de Florianópolis – pouso na pista com o comprimento atual, considerando a aeronave decolando com o peso máximo de decolagem (PMD) do Aeroporto Internacional de Miami

O cálculo envolve a análise do peso máximo de pouso (PMP), para a situação do atual comprimento da pista de pouso e decolagem, quando a aeronave decolar de Miami com o PMD.

Para calcular o comprimento da pista necessário para o pouso do Boeing 767-300F no Aeroporto Internacional de Florianópolis, considerando a aeronave decolando com seu Peso Máximo de Decolagem de 186.880 kg (412.000 lb) de Miami, é preciso analisar o ábaco da Figura 23, considerando o ábaco com FLAPS 25 (que exigem maior comprimento da pista), a linha contínua para pistas molhadas, o PMP e a altitude no nível do mar. Dessa forma, o comprimento de pista suficiente para esse pouso é de 2.012 m (6.600 pés).

Figura 23 – Análise do comprimento da pista em Florianópolis do Boeing 767-300F – PMP de 147.871 kg



Fonte: Adaptado de Boeing Commercial Airplanes (2011).

Com o comprimento da atual pista no Aeroporto Internacional de Florianópolis de 2.400 m, a condição do aeroporto satisfaz o requisito da pista de pouso.

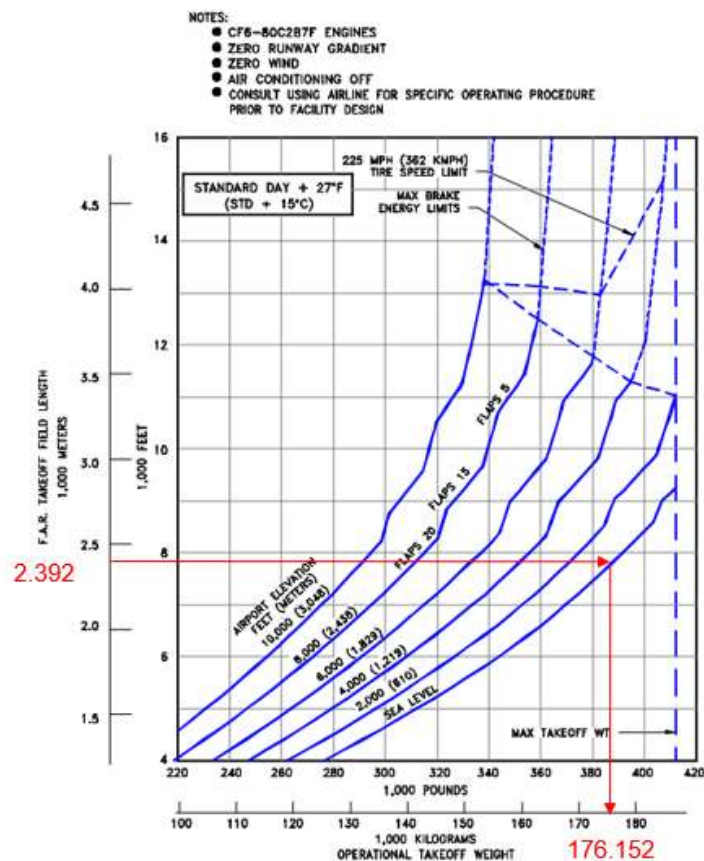
Como a aeronave pode decolar com o PMD de 186.880 kg (412.000 lb) do Aeroporto Internacional de Miami, e na etapa MIA – FLN a aeronave consumirá 38.893 kg de combustível, a aeronave chegará com o peso para pouso igual a 147.987 kg (326.255 lb). Esse valor é superior ao PMP de 147.871 kg (326.000 lb). Portanto, para não ser necessário alijar combustível na chegada em Florianópolis, a equipe operacional deverá reduzir o peso de decolagem para o PMD subtraindo 116 kg, totalizando 186.764 kg para o peso de decolagem.

5.2.3 Verificação do Aeroporto Internacional de Florianópolis - peso de decolagem admissível do Boeing 767-300F decolando de Florianópolis com o comprimento atual da pista

Para o cálculo do Peso Máximo de Decolagem da aeronave tipo no Aeroporto Internacional de Florianópolis, considerando o comprimento atual da pista de 2.400m, o primeiro passo é reduzir devido a declividade de 0,033% da pista. Assim, será considerado o comprimento atual de 2.392m.

A Figura 24 é o ábaco referente à relação do comprimento da pista de pouso e decolagem e o PMD, para dia padrão + 15° (temperatura de referência 29,00°C). Com o valor do comprimento da pista de 2.392m, é traçado uma linha no eixo vertical do ábaco até o encontro com a linha referente ao nível do mar. É determinado o PMD de 176.152 kg (388.000 lb), atuando com redução no peso do combustível.

Figura 24 – Análise do peso de decolagem admissível da pista de Florianópolis decolando com o Boeing 767-300F – comprimento atual da pista



Fonte: Adaptado de Boeing Commercial Airplanes (2011).

5.2.4 Verificação do Aeroporto Internacional de Florianópolis – decolagem com peso máximo de decolagem (PMD)

Para calcular o comprimento da pista necessário ao considerar a aeronave decolando com seu Peso Máximo de Decolagem de 186.880 kg, a análise é a mesma feita na Figura 21, devido às mesmas condições de altitude ao nível do mar em Florianópolis e temperatura de referência (padrão + 15°C), resultado encontrado é um comprimento da pista de pouso e decolagem de 2.789 m.

Com a declividade longitudinal de 0,033% no Aeroporto Internacional de Florianópolis, é preciso acrescentar 10 metros no comprimento da pista, totalizando 2.799 m, uma ampliação de 399 m, em relação a pista atual de 2.400 m.

5.2.5 Verificação do Aeroporto Internacional de Miami – decolagem de Florianópolis com o peso de decolagem admissível considerando a pista atual de Florianópolis

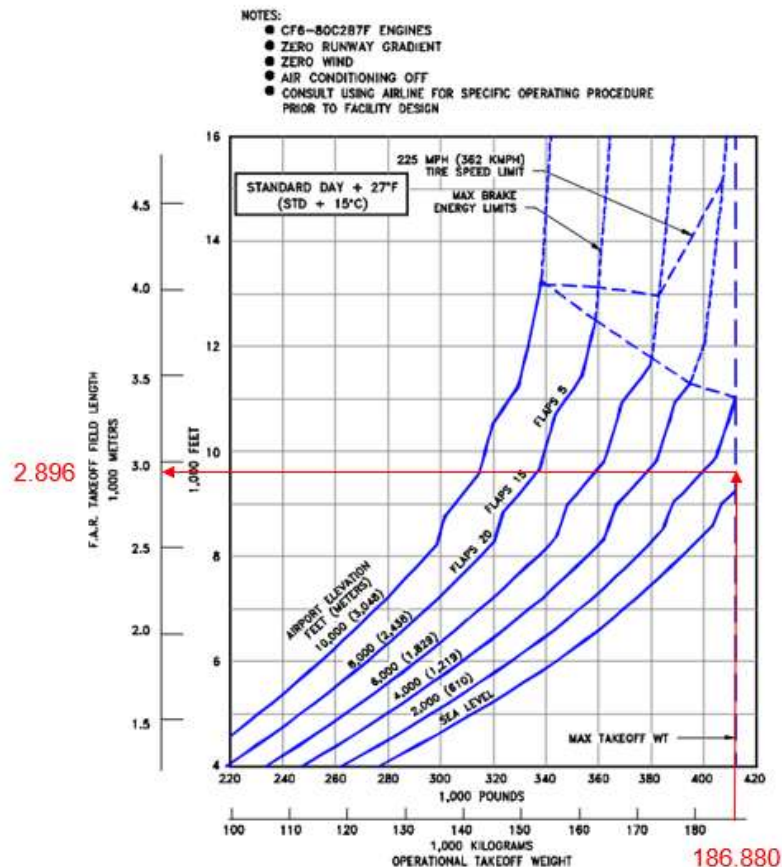
Ao analisar o comprimento da pista em situação de pouso no Aeroporto de Internacional de Miami, considerando a decolagem de Florianópolis com destino a Miami com a carga máxima (*payload*) que pode ser levada na aeronave Boeing 767-300F, o resultado é o mesmo apresentado na Figura 23. Isso ocorre porque as condições de Miami também são de altitude ao nível do mar, condição de pista molhada e uso do FLAPS 25. Assim, o comprimento de pista o suficiente para esse pouso é de 2.012 m (6.600 pés). Como as pistas desse aeroporto possuem mais do que 2.600 m, todas atendem a este quesito.

Para a verificação do peso de pouso, que deve ser no máximo de 147.871 kg (326.000 lb), é considerado que a aeronave pode decolar com o PMD de 176.152 kg (1288.000 lb) de Florianópolis, devido às condições do comprimento atual da pista. Com o consumo de 38.893 kg de combustível nesse trecho, a aeronave chegará com o peso de pouso igual a 137.637 kg (303.437 lb), valor inferior ao peso máximo de pouso, atendendo ao requisito.

5.2.6 Verificação do Aeroporto Internacional de Lisboa – decolagem com peso máximo de decolagem (PMD) no comprimento atual em Lisboa

Para o cálculo do comprimento da pista necessário ao considerar a aeronave decolando com seu peso máximo de decolagem de 186.880 kg (412.000 lb), é avaliado o ábaco Figura 26, motor CF6-80C2F, situação de vento calmo, desnível geométrico da pista nulo e dia padrão + 15° (temperatura de referência 24,20°C). Ao inserir essa informação no eixo horizontal, até a linha referente à altitude de 114 m (374 pés), o resultado encontrado é um comprimento da pista de pouso e decolagem de 2.896 m (9.500 pés).

Figura 26 – Análise do comprimento da pista em Lisboa do Boeing 767-300F – PMD de 186.880kg

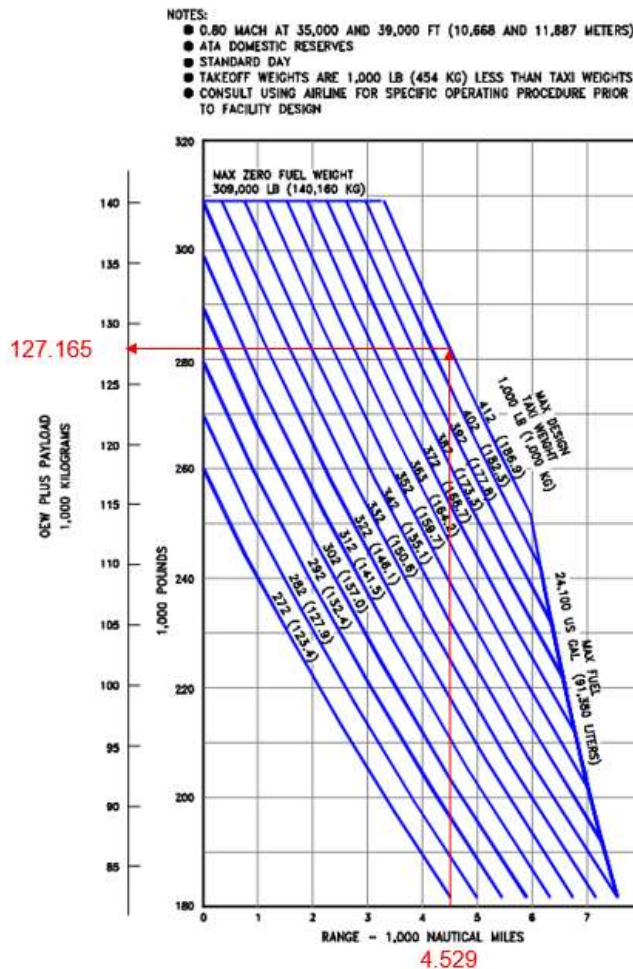


Fonte: Adaptado de Boeing Commercial Airplanes (2011).

Com a declividade longitudinal na pista 03/21 de 0,22% e na pista 17/35 de 0,52%, é preciso acrescentar 64 m e 151 m, totalizando 2.960 m e 3.047 m o comprimento da pista de pouso e decolagem. Assim, a pista 03/21 com 3.800 m atende ao requisito, enquanto a pista 17/35 não atende, porque possui 2.510 m.

É preciso avaliar qual o *payload* máximo que o Boeing 767-300F poderá decolar com o PMD, para cumprir a etapa entre Lisboa – Florianópolis, com distância de 4.529 milhas náuticas. Com esse dado de entrada no eixo horizontal na Figura 27, até a linha do PMD de 186.900 kg, para o trajeto de Lisboa até Florianópolis o *payload* + o Peso Operacional Vazio (POV) é de 127.165 kg (280.100 lb).

Figura 27 – Payload/range do Boeing 767-300F com motor CF6-80C2F – Lisboa para Florianópolis – PMD de 186.880kg



Peso Operacional Vazio (POV)	lb	188.000
	kg	85.275
Carga Paga Admissível	lb	92.352
	kg	41.890
SOMA	lb	280.351
	kg	127.165

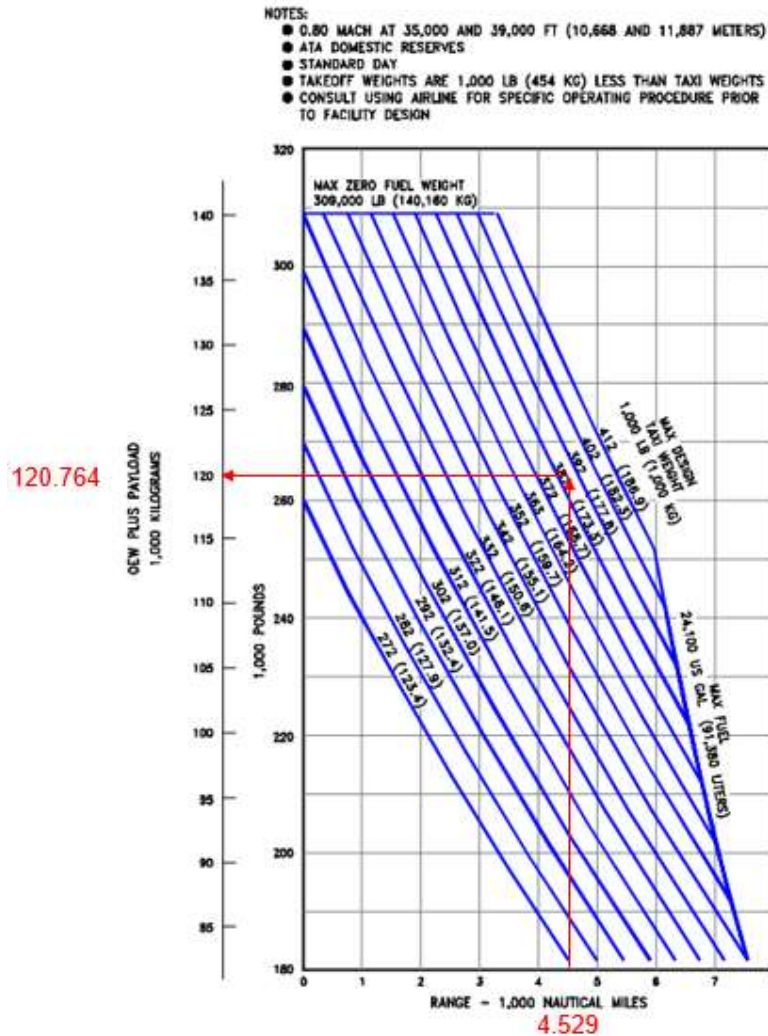
Fonte: Elaboração própria (2022).

5.2.7 Verificação do Aeroporto Internacional de Florianópolis – *payload* do Boeing 767-300F com o peso de decolagem admissível de Florianópolis no comprimento atual da pista

Na análise do comprimento da pista atual para a decolagem de Florianópolis com destino a Lisboa, é calculado a carga máxima (*payload*) que pode ser levada na aeronave Boeing 767-300F.

No ábaco da Figura 24, com o valor do comprimento da pista de 2.392 m em Florianópolis, apresenta PMD de 176.152 kg (388.000 lb). Dessa forma, no *payload/range* da Figura 28, ao inserir no eixo horizontal a distância entre o Aeroporto de Florianópolis e o Aeroporto de Lisboa (4.529 milhas náuticas), até a curva paralela que representa o PMD estabelecido pelo comprimento atual da pista (176.152 kg), o *payload* encontrado é de 120.764 kg (278.000 lb).

Figura 28 – *Payload/range* do Boeing 767-300F com motor CF6-80C2F – Lisboa para Florianópolis – PMD de 176.152kg



Fonte: Adaptado de Boeing Commercial Airplanes (2011).

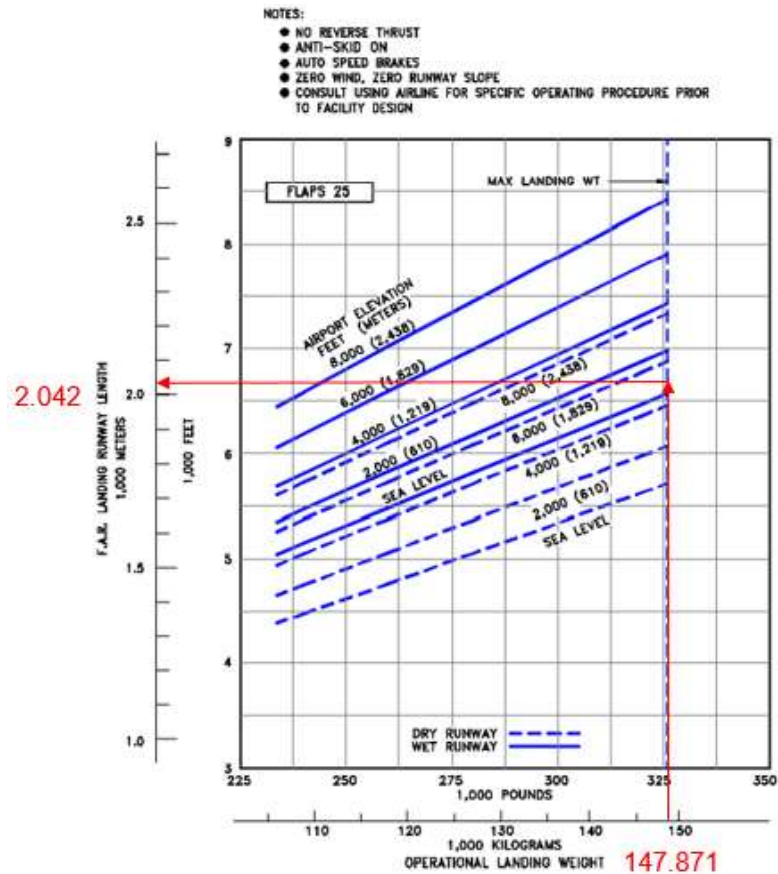
Considerando então, o Peso Operacional Vazio e o *payload* encontrado, o valor de carga paga máxima desse trecho é de 35.489 kg (78.000 lb), correspondente a 64,7% do *payload* máximo de 54.885kg.

5.2.8 Verificação do Aeroporto Internacional de Lisboa – aeronave decolando de Florianópolis com o peso de decolagem admissível na pista atual de Florianópolis

Considerando a decolagem de Florianópolis com destino a Lisboa com a carga máxima (*payload*) que pode ser levada na aeronave Boeing 767-300F, condição de pista molhada, FLAPS 25 e altitude de 114 m (374 pés), é analisado o comprimento da pista em situação de pouso no Aeroporto de Internacional de Lisboa

com o peso máximo de pouso de 147.871 kg (326.000 lb). O comprimento necessário de pista é de 2.042 m, conforme apresentado no ábaco da Figura 29.

Figura 29 – Ábaco de pouso do Boeing 767-300F – análise de Lisboa



Fonte: Adaptado de Boeing Commercial Airplanes (2011).

Como as pistas do Aeroporto Internacional de Lisboa possuem no mínimo 2.500 m, todas atendem a esse requisito. Para a verificação do peso de pouso, que deve ser no máximo de 147.871 kg (326.000 lb), é considerado que a aeronave pode decolar com o PMD de 176.152 kg (388.000 lb) de Florianópolis, devido às condições do comprimento atual da pista. Com o consumo de combustível de 54.548 kg nesse trecho, a aeronave chegará com o peso de pouso igual a 121.604 kg (268.090 lb), valor inferior ao peso máximo de pouso, atendendo ao requisito.

5.2.9 Análise dos resultados obtidos para o dimensionamento da pista de pouso e decolagem

Com todas as análises feitas a respeito do comprimento da pista nas respectivas etapas de voo, e o *payload* máximo respectivo, a Tabela 11 apresenta um quadro resumo com os resultados. Os trechos com maior restrição do *payload* foram o de FLN-MIA e FLN-LIS, devido ao comprimento atual da pista do Aeroporto Internacional de Florianópolis, com restrição considerável, de 25,6% e 35,3% respectivamente.

Tabela 11 – Análise da CPM para o trecho de Lisboa-Florianópolis

Rota	Payload (kg)	Payload Máximo (%)	Restrição do payload máximo (%)
MIA-FLN	49.109	89,5	10,5
	PMD de 186.880 kg		
FLN-MIA	40.860	74,4	25,6
	PMD de 176.152 kg		
LIS-FLN	41.890	76,3	23,7
	PMD de 186.880kg		
FLN-LIS	35.489	64,7	35,3
	PMD de 176.152 kg		

Fonte: Elaboração própria (2022).

5.3 Estudo da demanda de carga aérea

Para a análise, foram coletados os dados no SISCOMEX, filtrado para a via aérea e a unidade federativa do produto Santa Catarina. O estudo abrangeu a estimativa de movimentação de cargas aéreas internacionais, de importação e exportação dos Estados Unidos e de Portugal para o estado de Santa Catarina. Foram utilizados os dados históricos, com uma projeção linear sem considerar outros efeitos como crises, aumentos das moedas estrangeiras, entre outros.

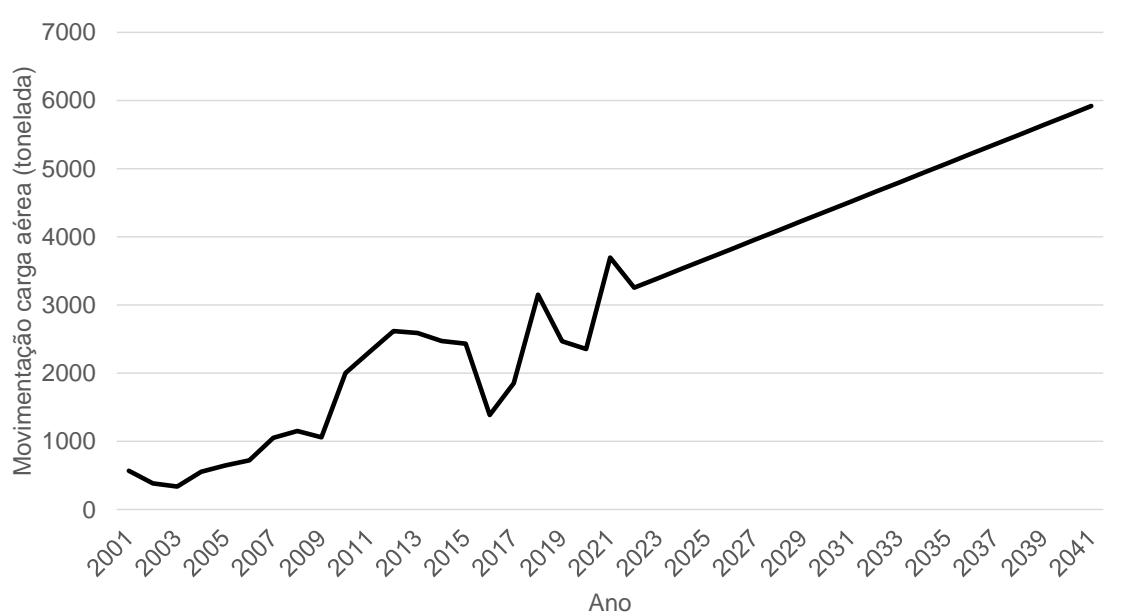
Para a importação dos Estados Unidos, os dados coletados observados da série histórica são de 2001 a 2021. A regressão linear (y) e o coeficiente de determinação (R^2) encontram-se na equação (1). Assim, foi possível estimar a movimentação de cargas aéreas de 2022 a 2041, na Figura 30. O ano de 2021 teve

a importação de 3.696 toneladas, e a previsão para 2041 é de 5.919 toneladas, um crescimento previsto em 60,14%.

$$y = 140,25x - 280331 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,7626$$

Figura 30 – Projeções de movimentação de carga aérea importada dos Estados Unidos para Santa Catarina: observado (2001-2021) e projetado (2022-2041)



Fonte: Adaptado de SISCOMEX (2022).

Com a informação referente ao ano 2021, do trajeto direto entre Miami e Florianópolis, de 564 toneladas, representando 15,27% de toda a importação dos Estados Unidos para Santa Catarina nesse mesmo ano, é possível obter uma estimativa da quantidade de carga paga média que o Boeing 767-300F importa no trajeto Miami e Florianópolis. Com a média de 4 voos mensais, sendo um por semana, no ano de 2021 o transporte médio de carga paga por voo foi de 11,75 toneladas, enquanto para 2041 a previsão é de 18,82 toneladas.

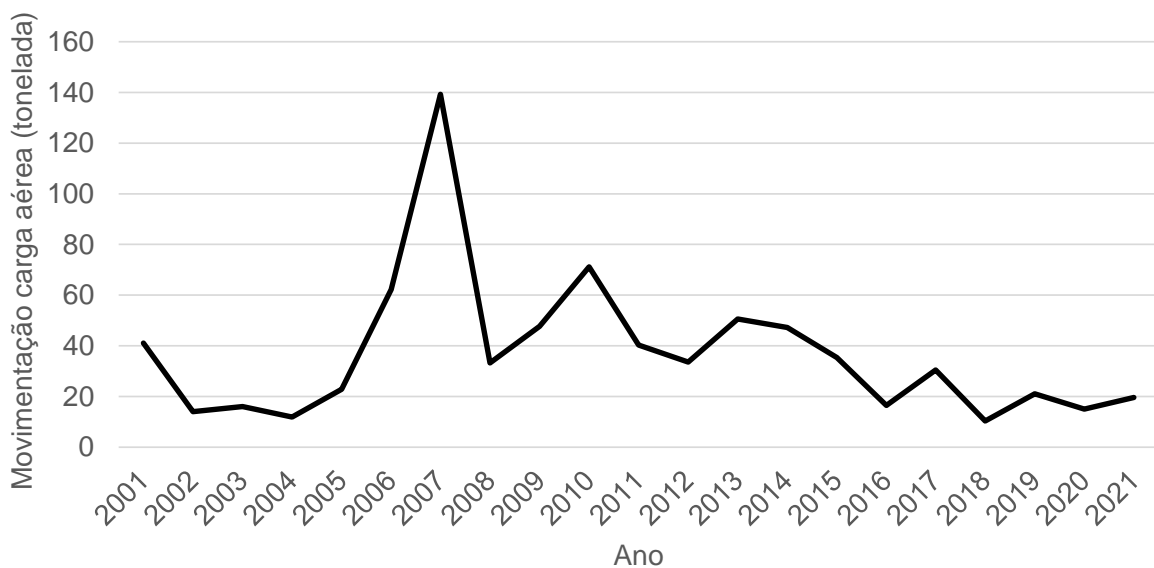
Na importação de Portugal, os dados coletados observados da série histórica também são de 2001 a 2021. Porém, atualmente, os resultados apontam um declínio na importação com o passar dos anos, como apresentado na Figura 31, resultado da regressão linear (y) e coeficiente de determinação (R^2) apresentados na

fórmula (2). Assim, a expectativa de aumento na importação poderá ocorrer por motivos de rearranjo econômico, de alguma necessidade ou parceria entre Portugal e Santa Catarina.

$$y = -0,993x + 2034,1 \quad (2)$$

$$R^2 = 0,0454$$

Figura 31 – Movimentação de carga aérea importada de Portugal para Santa Catarina: observado (2001-2021)



Fonte: Adaptado de SISCOMEX (2022).

No quesito exportação, o fluxo ainda não atingiu um crescimento nos últimos anos, assim, da mesma forma, o aumento para os próximos anos poderia ocorrer devido a mudanças ou estratégias econômicas de itens que os Estados Unidos e Portugal precisariam importar de Santa Catarina, gerando fluxo maior de exportação no Aeroporto Internacional de Florianópolis.

O ano de 2021 foi marcado pela crescente importação para a Unidade Federativa de Santa Catarina vindo pelo Aeroporto Internacional de Florianópolis. Em 2019 foi importado por esse aeroporto 27,35 toneladas, em 2020 importado 263,10 toneladas e no ano de 2021 chegou em 564,22 toneladas. Porém, o Aeroporto de Florianópolis ainda é o terceiro aeroporto que mais recebe cargas que tem como destino Santa Catarina. O Aeroporto Internacional de São Paulo (Guarulhos) e o Aeroporto Internacional de Viracopos ainda lideram o recebimento

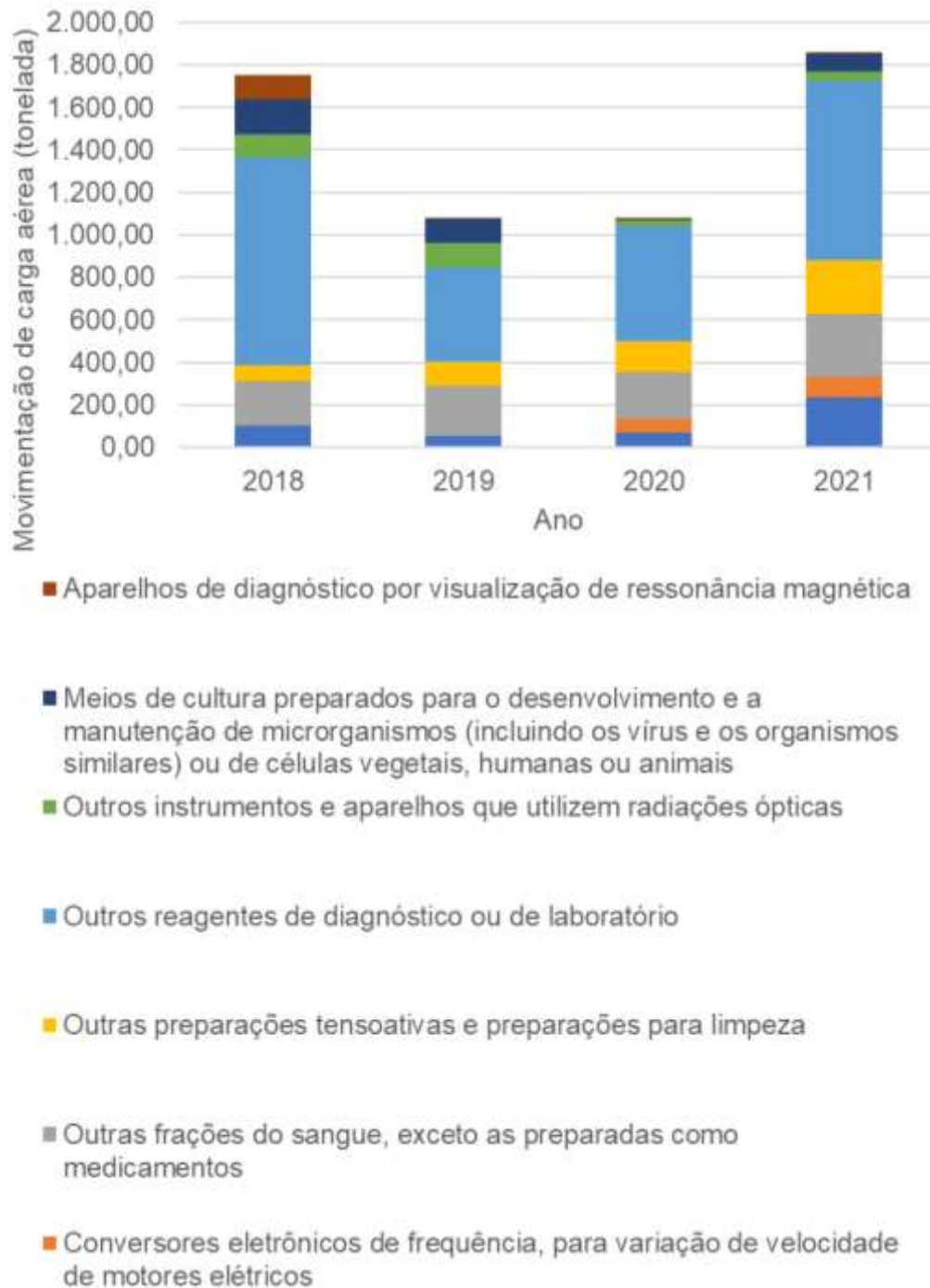
de cargas aéreas para esse estado, que depois por meio de outros modos de transporte chegam até Santa Catarina.

5.3.1 Análise do transporte aéreo – importação e exportação com os Estados Unidos

A importância das análises do transporte aéreo, no quesito internacional – importação e exportação, é essencial para ser possível compreender a dinâmica atual do mercado. Há um grande fluxo de cargas aéreas entre os Estados Unidos e o estado de Santa Catarina.

Sobre a importação de itens dos Estados Unidos para Santa Catarina, a Figura 32 apresenta os dados dos principais itens. Destacam-se a importação de reagentes de diagnóstico ou de laboratório com centenas de toneladas importadas desde 2018, assim como outras frações do sangue (exceto as preparadas como medicamentos). É possível perceber a crescente demanda de 2018 até 2021 de conversores eletrônicos de frequência, para variação de velocidade de motores elétricos da área eletrônica, associada a empresas da região com alta demanda, como é o caso da Intelbras.

Figura 32 – Itens importados dos Estados Unidos para Santa Catarina (2018-2021) em toneladas



Fonte: Adaptado de SISCOMEX (2022).

Considerando a importação dos Estados Unidos para o Aeroporto Internacional de Florianópolis entre 2018-2021, apresentado na Tabela 12, o ano de 2021 foi marcado pela importação de artigos de plástico para laboratório ou farmácias, com cerca de 36,25 toneladas. O outro item de destaque foram os livros,

brochuras e impressos semelhantes com cerca de 7,48 toneladas importadas em 2021, sendo que nos anos anteriores também houve importação desse material.

Tabela 12 – Itens importados dos Estados Unidos pelo Aeroporto Internacional de Florianópolis (2018-2021) em toneladas

Itens	2018	2019	2020	2021
Artigos de laboratório ou de farmácia, de plásticos	0,20	0,00	0,00	36,25
Livros, brochuras e impressos semelhantes, em folhas soltas, mesmo dobradas	4,29	2,00	1,57	7,48
Outras armas de guerra, exceto revólveres, pistolas e armas brancas.	0,00	0,00	0,00	5,71
Revólveres e pistolas, exceto os das posições 93.03 ou 93.04	0,00	0,00	0,61	4,66
Outros aparelhos para interrupção, etc., para circuitos elétricos, para uma tensão não superior a 1.000 V	0,03	0,00	0,04	3,22
Gabinetes, bastidores e armações, para aparelhos transmissores/receptores	0,00	0,00	0,00	3,21
Outras preparações alimentícias	0,00	0,00	2,39	0,00

Fonte: Adaptado de SISCOMEX (2022).

Relacionado a exportação do estado de Santa Catarina para os Estados Unidos, na Tabela 13 é apresentado o resultado dos principais itens exportados em toneladas, entre os anos de 2018-2021. Itens mecânicos foram os itens com maior destaque de exportação em 2021: motocompressores herméticos, cabeçotes para motores, bombas para líquidos.

Tabela 13 – Itens exportados dos Estados Unidos pelo Aeroporto Internacional de Florianópolis (2018-2021) em toneladas

Itens	2018	2019	2020	2021
Motocompressores herméticos, com capacidade inferior a 4.700 frigorias/hora, dos tipos utilizados nos equipamentos frigoríficos	258,73	151,82	50,17	1.130,37
Outros cabeçotes para motores diesel/semidiesel	4.180,14	416,10	176,45	877,98
Outras partes de bombas para líquidos	298,20	172,65	174,34	435,63
Blocos de cilindros, cabeçotes, etc, para motores diesel/semi	1.925,06	83,24	29,86	354,22
Outras partes de bombas para líquidos	268,48	379,16	146,74	287,33
Motor elétrico de corrente alternada, trifásico, de potência superior a 750 W, mas não superior a 75 kW, com rotor de gaiola	150,17	205,12	122,43	257,68
Outras partes e acessórios de carrocerias para veículos automóveis	83,05	36,16	5,33	129,80

Fonte: Adaptado de SISCOMEX (2022).

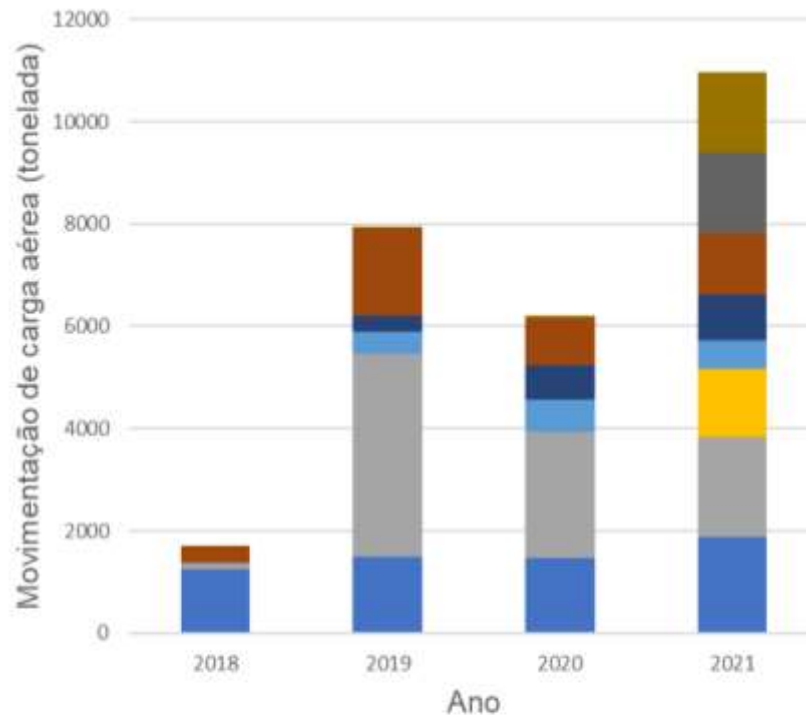
No quesito exportação no sentido de Florianópolis para os Estados Unidos, desde 2019, o único item exportado é o querosene de aviação, com 134,31 toneladas exportadas em 2020 e 26,49 em 2021.

5.3.2 Análise do transporte aéreo – importação e exportação com Portugal

Portugal, com seus 10,34 milhões de habitantes, possui conexão do comércio de cargas entre o estado de Santa Catarina e a Europa. Foram avaliados os principais itens importados e exportados entre os anos de 2018-2021.

A importação entre Portugal e Santa Catarina foi marcada, nesses últimos 4 anos, pelos itens de agulhas e outros artigos; cubos, blocos, chapas e folhas e também filamentos sintéticos. Foi a partir do ano de 2020 que iniciou a importação de indicadores de velocidade e partes acessórios, itens automotivos, entre outros, conforme apresenta a Figura 33.

Figura 33 – Itens importados de Portugal para Santa Catarina (2018-2021) em toneladas



- Relés para uma tensão não superior a 60 V
- Partes e acessórios de indicadores de velocidade e tacômetros
- Outros monofilamentos sintéticos, cuja largura aparente não seja superior a 5 mm
- Outros instrumentos e aparelhos que utilizem radiações ópticas
- Outros aparelhos elétricos de alarme, para proteção contra roubo
- Indicadores de velocidade e tacômetros
- Cubos, blocos, chapas, folhas e tiras; ladrilhos de qualquer formato; cilindros maciços, incluindo os discos, de cortiça aglomerada
- Agulhas e outros artigos, utilizados na formação das malhas

Fonte: Adaptado de SISCOMEX (2022).

Já a importação de Portugal para Florianópolis, em 2021, foi apenas do item de isoladores para uso elétrico, enquanto os anos de 2018 a 2020 não tiveram nenhum item importado nessa rota.

No quesito exportação entre o estado de Santa Catarina e Portugal, na Tabela 14 é possível observar que partes de motores/geradores/grupos eletrogeradores, mangas frescas ou secas e mamões frescos foram os destaques do ano de 2021. Já nos anos de 2018 a 2020 foram exportados fios de algodão, artefatos não roscados entre outros.

Tabela 14 – Itens exportados de Santa Catarina para Portugal (2018-2021) em toneladas

Itens	2018	2019	2020	2021
Partes de outros motores/geradores/grupos eletrogeradores, etc.	105,511	69,733	23,758	36,803
Mangas frescas ou secas	0	3,744	0	25,14
Mamões (papaias) frescos	0	0	0	14,85
Outras chapas de polímeros de etileno, não reforçadas nem estratificadas, sem suporte, nem associadas de forma semelhante a outras matérias	0,851	0	4,266	2,801
Fios de algodão (exceto linhas para costurar) acondicionados para venda a retalho, que contenham pelo menos 85 %, em peso, de algodão	0,511	0,219	1,652	2,498
Outros artefatos não roscados, de ferro fundido, ferro ou aço	3,614	2,459	0,645	2,359
Calças, jardineiras, bermudas e shorts (calções), de uso feminino, de algodão	1,192	0,689	1,186	2,102

Fonte: Adaptado de SISCOMEX (2022).

Já a exportação entre o Aeroporto Internacional de Florianópolis e Portugal, é marcada apenas pelo envio de querosene de aviação.

6 CONCLUSÕES

Como conclusões deste trabalho, primeiramente, foi verificado que a legislação brasileira da ANAC, a RBAC nº 154, não aborda método para o dimensionamento da pista de pouso e decolagem. Porém, nas suas exigências é incluído o procedimento da FAA, a AC 150/5325-4B, sendo então utilizado no Brasil para essa análise do comprimento da pista dos aeródromos.

Sobre o consumo de combustível, é importante analisar a quantidade de combustível mínima necessária para a rota de voo, conforme orientações da RBAC nº 121. O Boeing 767-300F é uma aeronave ideal para média distâncias e possui um consumo elevado se comparado com o de outras aeronaves como o Boeing 777.

Quanto às conclusões relacionado à análise do comprimento atual da pista de pouso e decolagem de 2.400 m, para as condições apresentadas no Aeroporto Internacional de Florianópolis, esse comprimento é suficiente para atender o Peso Máximo de Pouso da aeronave tipo, porém, impõe restrições ao Peso Máximo de Decolagem a médio e longo alcance. Nas rotas acima de 3.300 milhas náuticas, apesar da aeronave decolar com o PMD, haverá uma restrição no *payload* máximo, devido ao combustível necessário para a realização dos trechos de viagem.

Observou-se que no dimensionamento do comprimento da pista necessário para a decolagem de Florianópolis com peso máximo estrutural é que exige mais comprimento: de 2.799 m, já com o ajuste da declividade longitudinal. Com essa ampliação, seria possível o Boeing 767-300F decolar com seu PMD, e dependendo da etapa de voo, teria uma limitação da carga paga máxima, devido à quantidade de combustível necessária para a realização do trajeto. Os aeroportos de Miami e Lisboa tem capacidade de receber a aeronave decolando de Florianópolis nessas condições.

Com o *payload* de importação de Miami (49.109 kg por voo) e de Lisboa (41.890 kg por voo), se comparado com valores atuais do Aeroporto Internacional de Florianópolis (considerando média mensal de 50.000 kg) indicam que com apenas um voo semanal existe a capacidade para crescer aproximadamente 4 vezes o volume importado atualmente, chegando a cerca de 200 toneladas por mês.

Para a análise da demanda pelo método quatro etapas, é preciso um trabalho estatístico que demanda bastante estudo e procura por informações para obter dados realistas que prevejam o comportamento da demanda. Nem sempre é

possível encontrar as informações desejadas, além da dificuldade de prever novos arranjos econômicos, novas rotas de voo e mudanças no mercado da carga aérea. Devido à restrição do tempo, foi feito um estudo simplificado da demanda através de regressão linear.

O estudo de demanda nos apresenta um crescimento na importação dos Estados Unidos para Florianópolis nos próximos anos, porém, a importação de Portugal, e exportação para Estados Unidos e Portugal ainda, no ano de 2021, não possuem dados históricos expressivos. Dessa forma, a necessidade de ampliação da pista de pouso e decolagem estaria associada à uma futura análise da demanda, com resultados expressivos de crescimento da exportação, justificando assim essa obra de infraestrutura para atender a necessidade do mercado, aproveitando o peso máximo de decolagem da aeronave.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

Como recomendações para trabalhos futuros são sugeridos:

- Verificar o Plano de Zona de Proteção do Aeroporto Internacional de Florianópolis em decorrência de um possível aumento da pista de pouso e decolagem – haverá alteração nas superfícies de decolagem e aproximação, é preciso ver se haverá obstáculos que inviabilizam alguma das cabeceiras da pista de pouso e decolagem.
- Análise econômica do investimento para ampliação de 399 m do comprimento da pista de pouso e decolagem do Aeroporto Internacional de Florianópolis, em comparação com os benefícios do maior volume de transporte de carga aérea.
- Estudo de demanda aprofundado, analisando novas rotas de voo, mudanças econômicas, entre outros fatores para importação e exportação no Aeroporto Internacional de Florianópolis.

REFERÊNCIAS

ABRUCIO, Fernando. Congonha mostra o colapso do estado. **Época**. São Paulo, [S.l.], [s.n.], [s.n.], p. 51, jul. 2007.

ACIF. **Florianópolis**. Florianópolis, 2015. Disponível em: <https://www.acif.org.br/a-acif/florianopolis>. Acesso em: 10 jun. 2021.

ALMEIDA, João V. P. de *et al.* Infraestrutura aeroportuária brasileira: uma análise do modal. **Revistas Unilago**, v. 1, n. 1, p. 11, 2019.

ALVES, Cláudio J. P. **Aeronaves e comprimento de pistas**: apostila de aeroportos da Divisão de Engenharia Civil do Instituto Tecnológico de Aeronáutica – Câmpus São José dos Campos, 2018. Disponível em: <http://www.civil.ita.br/~claudioj/material.html>. Acesso em: 6 jul. 2021

ANAC. **ANACpédia – Carga Útil**. [S.l.], [S.l.]. Disponível em: https://www2.anac.gov.br/anacpedia/por_ing/tr1966.htm. Acesso em: 26 jun. 2021.

ANAC. **Painel de Indicadores do Transporte Aéreo**. [S.l.], 2021.

ANAC. **Regulamento Brasileiro da Aviação Civil - RBAC 154 - Emenda 07 – Projeto de aeródromos**. [S.l.], 2021.

ARAÚJO, Alécio dos S. *et al.* Modais de transporte no Brasil. **Pesquisa e Ação**, v. 5, n.2, p. 15–18, 2019.

ASHFORD, Norman J. *et al.* **Operações Aeroportuárias: as Melhores Práticas**. 3a ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ASHFORD, Norman J.; MUMAYIZ, Salen A.; WRIGHT, Paul H. **Airport Engineering: Planning, Design and Development of 21st Century Airports**. 4 ed. [S.l.]: Wiley, 2011.

BNDES. **Estudo do Setor de Transporte Aéreo do Brasil: Relatório Consolidado**. Rio de Janeiro, 2010.

BOEING COMMERCIAL AIRPLANES. **767: Airplane Characteristics for Airport Planning**. Seattle, 2011. Disponível em: <http://www.boeing.com/resources/boeingdotcom/commercial/airports/acaps/767.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2021.

BUDEL, Carolina F. **Análise técnica da pista de pouso e decolagem do Aeroporto de Ijuí e avaliação das necessidades de engenharia para prover voos de aeronaves do tipo 4C**. 96f. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Civil), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, UNIJUÍ, Ijuí, 2018.

CAMPOS, Vânia B. G. **Planejamento de transportes**. [S.l.]: Interciência, 2013.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. **Atlas do Transporte**. Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.cnt.org.br>. Acesso em: 18 jun. 2021

EURICH, Marcos R. **Análise da operação de aeronaves VLCT em aeroportos brasileiros: Guarulhos e Galeão**. 99f. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Civil), Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA, São José dos Campos, 2008.

FAA. **Advisory Circular 150/5325-4B - Runway Length Requirements for Airport Design**. [S.l.], 2005.

FIESC. **Infraestrutura**. Florianópolis, 2021. Disponível em: <https://observatorio.fiesc.com.br/sc-em-dados/infraestrutura>. Acesso em: 23 jun. 2021.

FLORIPA AIRPORT. **Cargo – Floripa Airport**. 2020. Disponível em: <https://floripa-airport.com/cargo.html>. Acesso em: 2 jul. 2021.

FLORIPA AIRPORT. **Floripa Airport e LATAM Cargo inauguram oficialmente a rota cargueira inédita Miami-Florianópolis**. 2020. Disponível em: <https://floripa-airport.com/noticias/floripa-airport-e-latam-cargo-inauguram-oficialmente-a-rota-cargueira-inedita-miami-florianopolis-.html>. Acesso em: 30 jun. 2020.

HORONJEFF, Robert *et al.* **Planning & Design of Airports**. 5 ed. [S.l.]: McGraw-Hill, 2010.

IPEA. **Aeroporto no Brasil: investimentos recentes, perspectivas e preocupações**. Brasília, 2011. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5765/1/NT_n05_Aeroportos-Brasil-investimentos-recentes_Diset_2011-abr.pdf. Acesso em: 28 jun. 2021.

JUNIOR, Albano F. S. **Otimização de altitude de vôo para aeronaves executivas para economia de combustível e tempo**. 2012. 63 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

JUNIOR, Fernando L. da S. **A importância do Modal Aéreo no Transporte de Cargas**. 66f. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Joinville, 2015.

KAZDA, Antonín; CAVES, Robert. E. **Airport Design and Operation**. 2 ed. Inglaterra: Elsevier, 2015.

MACHADO, Bernardo V. Z. *et al.* A Evolução Recente do Modelo de Concessão Aeroportuária Sob a Ótica da Financiabilidade. **BNDES**, v. 25, n.50, p. 7–65, 2019.

MELLO, José C. **Planejamento dos transportes urbanos**. [S.l.]: Editora Campus, 1981. ISBN 85-7001-068-0.

MELO, Maurício. A. **Avaliação da Configuração Geométrica de saídas de Pista do Aeroporto Internacional Pinto Martins: Estudo de Caso**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, 2014.

OACI. **Anexo 14 – Aeródromos**. Montreal: OACI, 2009.

ORTÚZAR, Juan d. D.; WILLUMSEN, Luis G. **Modelling transport**. [S.l.]: John Wiley and Sons Ltda, 2011.

QUINTILHANO, Diogo. Transporte aéreo de cargas em Santa Catarina: principais entraves para o desenvolvimento local e regional. **Geosaberes**, v. 6, n.2, p. 300-311, 2015.

RUDNIK, Alexandre. **O transporte Aéreo de Cargas no Brasil**. 55f. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Gestão de Negócios), Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, 2011.

SILVA, Evandro J. **Análise dos padrões e recomendações da ICAO e da FAA para o projeto geométrico de aeródromos**. São Paulo, 2012.

SILVEIRA, Márcio R.; QUINTILHANO, Diogo. Contribuições do Modal Aéreo na Circulação de Cargas no Brasil: Principais Fluxos e Atuação das Principais Companhias Aéreas. **Revista da Anpege**, v. 11, n.15, p. 65–91, 2015.

SOBRINHO, Humberto A. O. **Análise da Infraestrutura do Lado Aéreo do Aeroporto Internacional de Navegantes**. 71f. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2016.

SÓRIA, Manoel H. A. **Comprimento de Pista**: apostila da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – Câmpus São Carlos , 2006.

SOUZA, Kaleb A. B. de. **Concessão de Aeroportos: uma Análise do Processo Implantado no Brasil na Última Década**. 36f. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Ciências Aeronáuticas), Universidade do Sul de Santa Catarina, UNISUL, Palhoça, 2018.

SOUZA, Cristiane D. R. de; D'AGOSTO, Márcio d. A. **Modelo de quatro etapas aplicado ao planejamento de transporte de carga**. Journal of Transport Literature, FapUNIFESP, v. 7, n. 2, p. 207-234, apr 2013.

TORRES, Flávio L. **Aeroporto Internacional Salgado Filho: Análise Técnica do Projeto de Ampliação da Pista de Pouso e Decolagem**. 64f. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2010.

VICENTINI, Daniane F. **Aeroportos - Projeto geométrico (lado aéreo)**: apostila de aeroportos da Universidade Federal do Paraná – [S.l.], 2018.

YOUNG, Seth; WELLS, Alexander. **Aeroportos: Planejamento e Gestão**. 6 ed.

Porto Alegre: Bookman, 2014.

ZURICH AIRPORT. **Informações sobre o novo terminal do Floripa Airport.** [S./], 2019.

APÊNDICE A – Evolução histórica do transporte aéreo

Sobre a evolução histórica do transporte aéreo, a economia brasileira passou por profundas transformações nas décadas de 1920 até o início de 1960, marcada por um crescimento e diversificação da economia brasileira, gerando forte expansão da demanda pelo transporte aéreo. O setor de transporte aéreo surgiu na segunda metade da década de 1920, logo após a primeira Guerra (1914-1918) dominado por empresas estrangeiras europeias – a *Compagnie Générale Aéropostale* e a *Condor Syndikat* (BIELSCHOWSKY; CUSTÓDIO, 2011).

De acordo com Castro e Larny (1993), uma das primeiras empresas brasileiras foi a Viação Aérea Rio Grandense S/A (VARIG), fundada no ano de 1927 por um alemão naturalizado brasileiro. Já a Viação Aérea São Paulo (VASP), foi criada por um grupo de empresários nacionais no ano de 1933, operando no estado de São Paulo inicialmente, e após dificuldades financeiras foi absorvida pelo estado de São Paulo em 1934.

Foi após a 2ª Guerra Mundial (1939-1945) que surgiu a necessidade dos países envolvidos na guerra de estudarem ainda mais e criarem novas aeronaves, além de estabelecer técnicas ao sistema de aviação mundial. Nos anos compreendidos entre 1940 e 1950 houve o crescimento das empresas de aviação brasileiras, passando a dividir o mercado com as empresas estrangeiras. Houve a consolidação da VARIG na década de 1950, o crescimento da VASP e a criação em 1955 da empresa Sadia S/A Transportes Aéreos que teria seu nome mudado para Transbrasil Linhas Aéreas S/A em 1972 (BIELSCHOWSKY; CUSTÓDIO, 2011).

No final da década de 1950 iniciou uma revolução tecnológica no transporte aéreo, isso porque houve a introdução da operação dos jatos comerciais, influenciando de maneira direta na capacidade de transporte, tanto de passageiros quanto de carga, e afetando a velocidade operacional média das frotas. O resultado foi o aumento significativo da produtividade das empresas aéreas (BIELSCHOWSKY; CUSTÓDIO, 2011).

Com a atividade turística crescendo, o transporte aéreo foi o grande influenciador do turismo em massa. A tecnologia da aviação estava avançando, cada vez mais aviões automatizados, seguros, eficientes, silenciosos e com menor consumo de combustível começaram a ser desenvolvidos. Segundo Montejano:

A partir da década de 60, o avião converteu-se um meio insubstituível para o tráfego turístico, devido às grandes alterações que melhoraram sua segurança, comodidade e velocidade, sendo o meio de transporte mais rápido que permite cobrir grandes distâncias e o acesso a lugares isolados. Nessa década começa o “boom turístico” das férias organizadas em voos charters, bem como começam a operar aviões de maior capacidade e rapidez, como os Boeings 747 (jumbo) (1975) e os primeiros voos supersônicos do Concorde, avião criado pelo consórcio da sociedade francesa Aerospatiale e a britânica Aerospace. Comercialmente, começou a operar a partir de 1976. (2001, p. 182).

Foi com o processo de redemocratização e a descentralização política no cenário de neoliberalismo que surgiu o início da redução do papel do Estado relacionado à regulamentação e interferência no mercado aéreo (PEREZ, 2009). Conseqüentemente, as três maiores empresas do setor aéreo chegaram nos anos de 1990 com situação financeira insustentável, entrando a Transbrasil em um regime pré-falimentar, a VARIG atuando com baixa rentabilidade e endividada, enquanto a VASP passou pelo processo de privatização.

De acordo com Bielschowsky e Custódio (2011), a partir da década de 90, com o controle das operações na mão do mercado, o cenário passou a ser desenhado novamente com o foco na prestação de um serviço de qualidade ao usuário, com regime de liberdade tarifária, com livre acesso e livre mobilidade. Todos esses conceitos relacionados diretamente com uma política de liberalização do mercado.

A liberação do setor foi realizada em três rodadas. A primeira em 1992, a segunda em 1997-1998, e a terceira em 2001-2002. Foi com a abertura das rotas nacionais para empresas regionais que surgiram os novos concorrentes, em especial a TAM que passou a operar em peso na escala nacional e buscou investir na sua diferenciação de imagem com serviço de bordo de qualidade e programas de fidelização. A terceira rodada foi marcada pela maior liberalização, iniciando um processo de mudança das empresas líderes do mercado e forte crescimento da demanda a partir do ano de 2003 (BIELSCHOWSKY; CUSTÓDIO, 2011).

A Transbrasil veio à falência ainda no ano de 2001. Com a melhora da condição macroeconômica do Brasil a partir dos anos 2000 e a liberalização do mercado, foi que a GOL entrou no setor no ano de 2001 e teve forte crescimento logo após a sua criação. Com a concorrência ainda mais acirrada, a VASP faliu no ano de 2005, e após perdas contínuas de mercado, a VARIG foi vendida para a GOL em 2007 (BIELSCHOWSKY; CUSTÓDIO, 2011).

A partir do ano de 2003, o setor de transporte aéreo apresentou um impressionante crescimento, muito superior ao Produto Interno Bruto (PIB) da época, e o crescimento macroeconômico do país foi essencial para o crescimento desse setor. Assim, surgiu no ano de 2005, a Agência Nacional da Aviação Civil, a ANAC, nesse novo cenário flexibilizado (BIELSCHOWSKY; CUSTÓDIO, 2011).

O atual momento econômico do Brasil permitiu que cada vez mais usuários conseguissem utilizar esse modo de transporte, o aéreo, aumentando consideravelmente a demanda e resultando na incompatibilidade entre demanda de passageiros, ofertas e infraestrutura para o atendimento da mesma. Com a proximidade de eventos importantes no ano de 2014, a Copa do Mundo FIFA no Brasil, aumentou ainda mais a pressão dos usuários que temiam a falta de infraestrutura aérea para receber o evento internacional (COLLINS; FLYNN, 2008).

As fragilidades da infraestrutura aeroportuária passaram a surgir efeito após pressões no setor, o que resultou em reformas e a descentralização das políticas e responsabilidades, iniciando o processo de concessão dos aeroportos à iniciativa privada e a criação da Secretaria de Aviação Civil. Por isso, analisar as principais características desse modo de transporte é fundamental para a realização de investimentos direcionados no setor da aviação, com o foco do crescimento econômico do Brasil (BIELSCHOWSKY; CUSTÓDIO, 2011).

APÊNDICE B – Principais características do modo aéreo

Sobre as principais características do modo aéreo, de acordo com Rudnik (2011), o grande atrativo do transporte aéreo é a sua rapidez, porque nenhum outro modo de transporte consegue atingir o mesmo patamar no quesito velocidade, principalmente para longas distâncias, sendo esse um modo de transporte indicado para transporte de bens de consumo, bens duráveis ou perecíveis, mercadorias, entre outros. Além disso, entre os modais de transporte, é o mais eficiente e confiável, carregando geralmente mercadorias pequenas, de pouco peso ou volume, mas de alto valor agregado ou com urgência na entrega.

A Tabela abaixo apresenta com mais detalhes as vantagens do transporte aéreo, sendo o destaque o quesito da segurança, por ser o transporte mais seguro de todos, a acessibilidade pela sua capacidade de alcançar locais de difícil acesso por terra e sua rapidez, com alta velocidade, podendo seguir em linha reta até o destino, além de ser o considerado o modo de transporte mais rápido.

Tabela – Vantagens do modo aéreo

VANTAGEM	DESCRIÇÃO
Competitividade	Como o custo de estoque e armazenamento é alto, as empresas que trabalham com mercadoria de valores altos que exigem cuidado ou urgência, esse modo se torna competitivo.
Rapidez	Modo de transporte mais rápido por não enfrentar congestionamento, podendo seguir em linha reta até o destino em altas velocidades. Ideal para transportar itens com urgência.
Flexibilidade	É possível transportar todos os tipos de cargas, desde flores, animais vivos ou restos mortais, assim como materiais radioativos e instrumentos de guerra (desde que corretamente embalados).
Integridade	Se assegura integridade devido às embalagens específicas utilizadas e o cuidado durante o manuseio da carga aérea.
Acessibilidade	Mesmo o local de difícil acesso por terra, pode ser alcançado facilmente pelo ar.
Segurança	É o transporte mais seguro de todos, com menor índice de óbito por milhão de passageiros.

Custos logísticos	Reduz os custos do seguro, embalagem e estocagem, pelo menor uso se comparado com outros modais.
Utilização da carga	Possibilidade de transformar pequenos volumes em um grande volume, otimizando o manuseio, transporte e armazenagem, o que diminui o custo de mão de obra para essa atividade. Pode ser utilizado pallets ou contêiner, por exemplo.

Fonte: Adaptado de Junior (2008).

Há ainda outros benefícios, além dos já citados, como a integração econômica das localidades envolvidas e a sua área de influência. Isso ocorre porque o entorno do aeroporto tem a oportunidade de ter um relacionamento mais intenso com os turistas e com o mercado, pela sua privilegiada localização, passando a ter um considerável desenvolvimento dessas áreas ao redor. Além claro, dos aeroportos se beneficiarem diretamente da movimentação de mercadorias e de pessoas nas suas instalações (JUNIOR, 2008).

Em contrapartida, o uso do modo aéreo traz o aumento da emissão de poluentes no ar e também a poluição sonora da região próxima ao aeroporto. Algumas das desvantagens deste meio de transporte são: frete relativamente alto em relação aos demais; capacidade de carga menor tanto em relação ao peso quanto ao volume; carga a granel tem custos mais elevados devido ao frete aéreo ser calculado a partir do peso da carga e produtos de baixo custo unitário, como o transporte de alguns grãos e minérios, se tornam muito onerosos (RODRIGUES, 2007).

Vale ressaltar que, segundo Vieira (2009), nem sempre a opção de menor frete representará o menor custo total, isso porque há questões relacionadas a seguro sobre o transporte internacional, custos de manipulação de carga, entre outros específicos de cada modo de transporte. Por isso, é necessário sempre analisar todos os fatores em conjunto com a política de estoques e a estratégia de distribuição da empresa, pois o foco do gerenciamento dos modais de transporte é justamente conseguir equilibrar o sistema logístico por meio de um menor custo total possível em cada operação de transporte, em um nível que seja satisfatório e atenda às necessidades da empresa.