

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



João Paulo Alcântara Motta Ferreira

Projeto Geométrico de um Aeroporto Metropolitano
para São Paulo

Trabalho de Graduação
2008

Civil

João Paulo Alcântara Motta Ferreira

Projeto Geométrico de um Aeroporto Metropolitano
para São Paulo

Orientadores

Cap. Eng. Ronaldo Gonçalves de Carvalho (ITA)

Prof. Dr. Cláudio Jorge Pinto Alves (ITA)

Divisão de Engenharia Civil

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

COMANDO-GERAL DE TECNOLOGIA AEROESPACIAL

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2008

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Divisão de Informação e Documentação

Alcântara, João Paulo
Projeto Geométrico de um Aeroporto Metropolitano para São Paulo / João Paulo Alcântara Motta
Ferreira.
São José dos Campos, 2008.
71f.

Trabalho de Graduação – Divisão de Engenharia Civil –
Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2008. Orientadores: Prof. Dr. Cláudio Jorge Pinto Alves, Cap. Eng.
Ronaldo Gonçalves de Carvalho.

1. Projeto Geométrico de Aeroportos 2. Microstation 3. Análise do Transporte Aéreo I. Comando-Geral
de Tecnologia Aeroespacial. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia Civil-Aeronáutica.
III. Projeto Geométrico de um Aeroporto Metropolitano para São Paulo.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALCÁNTARA, João Paulo. Projeto Geométrico de um Aeroporto Metropolitano para São Paulo. 2008. 67f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: João Paulo Alcântara Motta Ferreira

TÍTULO DO TRABALHO: Projeto Geométrico de um Aeroporto Metropolitano de São Paulo

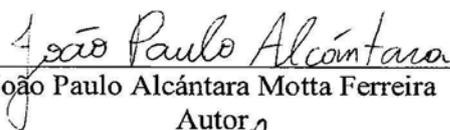
TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2008

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

João Paulo Alcântara Motta Ferreira
Av. Nesralla Rubez, 166, Centro,
CEP: 12701-000, Cruzeiro, SP

**PROJETO GEOMÉTRICO PARA UM AEROPORTO METROPOLITANO
PARA SÃO PAULO**

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação


João Paulo Alcântara Motta Ferreira

Autor


/ Cap. Eng. Ronaldo Gonçalves de Carvalho (ITA)
Orientador


Prof. Dr. Cláudio Jorge Pinto Alves (ITA)
Orientador


Prof.^a Dr.^a Iria Fernandes Vendrame
Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 31 de outubro de 2008

Lista de Figuras

Figura 4.1: Foto aérea do Sítio de Santo Ângelo (Mogi das Cruzes).....	15
Figura 4.2: Ábaco do B767-400ER para verificação do comprimento de pista necessário à decolagem para a condição de temperatura ISA + 17°C, pista molhada.....	24
Figura 4.3: Ábaco do B767-400ER para verificação do comprimento de pista necessário ao pouso para a condição de FLAP 25.....	25
Figura 4.4: Esquema de mudança de declividade na pista de pouso/decolagem.....	29
Figura 4.5: Esquema de Faixa de Pista.....	30
Figura 4.6: Dimensões mínimas recomendadas (em m) para a área de giro.....	31
Figura 5.1: Valores de d e T para o B767-400ER.....	37
Figura 5.2: Ábaco para determinação de θ_{max} , desvio máximo do trem de pouso principal, em porcentagem do comprimento <i>datum</i>	38
Figura 5.3: Ábaco para a determinação de θ_{max}	39
Figura 5.4: Ábaco para a determinação de θ_{max}	40
Figura 5.5: Ábaco para a determinação de L1 e L2.....	41
Figura 5.6: Visão artística do Terminal de Passageiros.....	50
Figura 5.7: Dimensões do veículo de projeto CO (cm).....	55

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Projeção do movimento de passageiros – 2015.....	9
Tabela 2.2: Projeção do movimento de passageiros – 2025.....	10
Tabela 2.3: Projeção do movimento de aeronaves – 2015.....	10
Tabela 2.4: Projeção do movimento de aeronaves – 2025.....	10
Tabela 2.5: Projeção do movimento de carga e mala postal (t) - 2015.....	11
Tabela 2.6: Projeção do movimento de carga e mala postal (t) - 2025.....	11
Tabela 3.1: Síntese de capacidades anuais.....	12
Tabela 3.2: Análise Demanda x Capacidade.....	13
Tabela 4.1: Dados do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos.....	19
Tabela 4.2: Uso de pista por movimento e regra de vôo.....	20
Tabela 4.3: Classes de aeronaves e composição de frota.....	21
Tabela 4.4: Tabela para a classificação numérica da pista de um aeródromo.....	26
Tabela 4.5: Fatores de correção recomendados pela OACI e fatores aplicados.....	27
Tabela 4.6: Tabela para a determinação da letra-código da pista segundo a OACI.....	28
Tabela 4.7: Características da aeronave de projeto para classificação da pista.....	28
Tabela 5.1: Valores de velocidade de toque e saída recomendados pela OACI.....	36
Tabela 5.2: Distâncias das saídas de pista.....	36
Tabela 5.3: Coeficiente a ser multiplicado pelo comprimento <i>datum d</i>	42
Tabela 5.4: Valores da sobrelargura calculados para as curvas de projeto.....	43
Tabela 5.5: <i>Mix</i> de Aeronaves e Tempo Médio de Ocupação de posição.....	47
Tabela 5.6: Dimensões e áreas de estacionamento com saída rebocada.....	48
Tabela 5.7: Dimensões básicas dos veículos de projeto (m).....	55
Tabela 5.8: Coeficiente de atrito longitudinal pneu/pavimento, considerando $V_{média}$	57
Tabela 5.9: Valores-limite dos raios <i>R</i>	58

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a meus pais por possibilitarem meu ingresso nesta Instituição e pelo apoio incondicional que me deram em todos os momentos de necessidade.

A todos os amigos, antigos e dos últimos cinco anos, pelos bons momentos e pelas experiências únicas.

Aos meus orientadores de TG, amigos, pela paciência e atenção com que me auxiliaram na confecção deste trabalho, demais professores e funcionários.

Enfim, à todos que, à sua maneira, e mesmo sem a intenção, contribuíram para meu crescimento pessoal e tornaram-me alguém um pouco melhor.

“Vincit qui se vincit..”

Dito romano

Resumo

O presente Trabalho de Graduação apresenta diretrizes e normas aplicadas a uma proposta de projeto geométrico para um aeroporto na região metropolitana de São Paulo, na cidade de Mogi das Cruzes. Cálculos de movimentação de terra, bem como justificativas de *layouts*, não foram considerados.

A escolha do sítio para a execução do empreendimento foi pautada em conclusões de estudo realizado pelo ITA, intitulado “*Estudo de Alternativas para Localização do Aeroporto Metropolitano de São Paulo*”. Além disso, utilizou-se, como ferramenta auxiliar, o programa computacional *Bentley Microstation* para o *design* da infra-estrutura aeroportuária.

As imagens de satélite de alta resolução do local foram fornecidas, em caráter acadêmico, pela empresa IMAGEM.

Apresenta-se, ainda, o cálculo de todas as variáveis de projeto e das sobrelarguras necessárias para as operações seguras de aeronaves de projeto nas pistas de rolamento.

Abstract

This work presents a proposal of applied rules and norms of a geometrical project for an airport in São Paulo's metropolitan area, in Mogi das Cruzes. Further earthwork calculations, as well as layouts choices, weren't considered.

The place for the building of the airport was chosen based on conclusions of a study made by ITA, "*Study for alternatives for the location of São Paulo's metropolitan airport*". It was used, as auxiliary tool, the software *Bentley MicroStation* for the design of the airport's infrastructure as well.

The satellite's high resolution images from the location were supplied by the company IMAGEM.

It is also presented the calculations of all project variables and the over-widths necessary to ensure the safe operations of design aircrafts on taxiways.

Sumário

1	Introdução	3
1.1	Considerações Iniciais.....	3
1.2	Posição da Região Sudeste no contexto nacional	4
1.3	Objetivo.....	5
2	O problema da Terminal São Paulo	6
2.1	Análise da evolução provável do tráfego aéreo.....	8
3	Avaliação da infra-estrutura e capacidade dos aeroportos existentes.....	12
3.1	Síntese dos resultados obtidos no estudo	12
3.2	Análise Demanda x Capacidade	13
4	Requisitos de projeto.....	15
4.1	Caracterização do Sítio Aeroportuário.....	15
4.2	Aquisição das imagens de satélite de alta resolução.....	17
4.3	Hipótese de projeto	18
4.4	Aeronave de projeto.....	19
4.6	Comprimento de pista	21
4.7	Categoria da Pista	26
4.8	Requisitos geométricos	29
4.8.1	Pista de pouso.....	29
4.8.2	Clearway	31
4.8.3	<i>Stopway</i>	32
4.7.4	Pistas de rolamento.....	32
4.9	Sinalização de Pistas.....	33
5	Projeto Geométrico Horizontal.....	35
5.1	Saídas de Pista	35

5.2	Cálculo de Sobrelarguras	36
5.3	Pátio de Aeronaves	46
5.4	Configuração do Terminal	49
5.5	Sistema viário e Estacionamentos	51
5.5.1	Meio-Fio.....	51
5.5.2	Estacionamentos	51
5.6	Acesso ao Aeroporto.....	52
5.6.1	Considerações Iniciais.....	53
5.6.2	Projeto Geométrico	54
6	Conclusões	59
6.1	Sugestões de continuidade do trabalho	59
7	Bibliografia	61

1 Introdução

1.1 Considerações Iniciais

O transporte aéreo é um dos setores mais dinâmicos da economia mundial. Ele cumpre o importante papel de estimular as relações econômicas e o intercâmbio de pessoas e mercadorias entre distintas regiões do país, bem como entre diferentes nações (MANUAL DE IMPLEMENTAÇÃO DE AEROPORTOS, 2004). Também responde de forma direta e quase imediata às flutuações conjunturais políticas e econômicas do mundo e das economias nacionais. Pode-se inclusive afirmar que a importância do transporte aéreo para a vida moderna é superior ao que se pode fazer supor a simples análise de seu desempenho financeiro.

No Brasil, o transporte aéreo vem evoluindo em sintonia com a economia desde a década de 30. Apesar de apresentar trajetória irregular, o desempenho do transporte aéreo no país, quando analisado no longo prazo, é significativo.

O êxito do plano de estabilização econômica em 1994 pela implantação do Plano Real possibilitou novas oportunidades de crescimento sustentável ao Brasil (MANUAL DE IMPLEMENTAÇÃO DE AEROPORTOS, 2004). Além da ampliação do mercado consumidor pelo aumento da renda real de amplos segmentos da população, a queda da inflação criou fortes incentivos à recuperação dos investimentos.

Dessa forma, inserido no quadro macroeconômico favorável dos últimos anos, o transporte aéreo experimentou notável crescimento em seus diversos segmentos, perceptível pela análise dos indicadores de desempenho do setor e pelo aumento do número de empresas aéreas. Apesar da crise que se abateu sobre as empresas a partir de 2001, resultante de conjuntura nacional e internacional desfavorável, foi possível observar forte recuperação nos níveis de tráfego e no desempenho das transportadoras.

Outro tema intimamente relacionado ao transporte aéreo é o turismo. No Brasil este setor tem ganhado novo impulso devido à conscientização dos setores envolvidos quanto à sua importância econômica e ao crescente interesse da população. O turismo vem se firmando como uma das grandes vocações brasileiras para geração de emprego e renda de tal sorte que foi responsável, de acordo com a Embratur, por 4% da formação do PIB já em 2003.

Vale ressaltar que o pleno desenvolvimento da indústria do turismo exige a implantação de infraestrutura adequada ao atendimento das necessidades inerentes a essa atividade, sendo, portanto, de fundamental importância dotar regiões que apresentam potencial turístico de unidades aeroportuárias capazes de atender ao movimento de aeronaves previsto, tanto no segmento regular como no não-regular.

Nessa corrente de raciocínio, o atendimento da demanda exige um criterioso planejamento, a fim de que a construção e posterior regularização e gestão dos aeroportos sejam implementadas em conformidade com as diretrizes emanadas pelas Autoridades Aeronáuticas (MANUAL DE IMPLEMENTAÇÃO DE AEROPORTOS, 2004). Uma gestão aeroportuária eficiente deve contemplar não só as questões operacionais, como também aspectos comerciais que garantam a obtenção de resultados financeiros satisfatórios, controle de ocupação do entorno do aeroporto e gerenciamento dos aspectos ambientais.

Diante desse panorama, o planejamento do transporte aéreo reveste-se de importância crucial. Trata-se de uma atividade que deve acordar com os objetivos maiores do país: a integração, o crescimento e a segurança nacional.

1.2 Posição da Região Sudeste no contexto nacional

Segundo o IBGE, atualmente, a região Sudeste, que concentra 43% da população nacional, apresenta significativa taxa média de urbanização de 88%. O potencial de atração que metrópoles regionais, em particular São Paulo, exercem sobre contingentes populacionais oriundos de outras regiões é significativo.

Quanto ao aspecto econômico, esta contribui com uma participação de mais de um terço de todo o PIB brasileiro. Desse total, a maior parte é gerada em São Paulo, cujo parque industrial é o maior da América Latina.

O processo de transferência de certas atividades produtivas de São Paulo para municípios vizinhos tem se acentuado ao longo dos últimos anos. O dinamismo das relações econômicas entre a capital e cidades do interior, decorrente em grande parte do crescimento demográfico desta região, já permite antever a formação de pólos de desenvolvimento paralelos e um fortalecimento com as próprias atividades presentes em São Paulo.

1.3 Objetivo

Este Trabalho de Graduação tem como objetivo o desenvolvimento de um projeto geométrico, em um sítio pré-definido, para um aeroporto que possa dar apoio às necessidades do sistema aeroviário da região metropolitana de São Paulo. Dada uma concepção geométrica pré-estabelecida, o projeto inclui a inserção dos diversos elementos, como TPS e acesso viário, considerando-se a altimetria local, em um plano que estabelece o uso do potencial máximo do sítio.

A solução apresentada utiliza conhecimentos obtidos no curso de graduação do ITA, principalmente nas disciplinas de Transporte Aéreo, Geoprocessamento e Terraplenagem.

O sistema aeroviário da região metropolitana de São Paulo já atua muito próximo ao limite de sua capacidade (ANAC, 2007). Tem-se sugerido que a implantação de um terceiro aeroporto seria uma alternativa viável para a manutenção de um nível de serviço aceitável das operações oferecidas por companhias aéreas. Este trabalho serve, assim, de subsídio para esta solução.

2 O problema da Terminal São Paulo

A implantação de um novo aeroporto, geralmente, é decorrente das necessidades de desenvolvimento econômico de uma região (MANUAL DE IMPLEMENTAÇÃO DE AEROPORTOS, 2004). Por outro lado, a atual estrutura voltada para atender a demanda de passageiros apresenta-se deficiente. Os recentes problemas no setor aéreo brasileiro foram resolvidos de forma meramente emergencial, havendo o risco de tornarem a se repetir.

Quanto à crise no setor de transporte aéreo brasileiro, essa começou muito antes da criação de qualquer agência reguladora e trata-se de um tema complexo de ordem internacional. O começo do século XXI, por exemplo, foi marcado pela desregulamentação do mercado aéreo na Europa por um lado, e pelos atentados terroristas ocorridos em 11 de setembro de 2001 nos Estados Unidos de outro (ANAC, 2007). Tais fatos atingiram a indústria do transporte aéreo em âmbito mundial, particularmente no que diz respeito à segurança dos aeroportos e dos passageiros. Um ano depois, em 2002, o Brasil enfrentou sua crise particular com a quebra da companhia aérea Transbrasil, seguida, em janeiro de 2005, pela paralisação da Vasp. Em três anos, duas grandes empresas de aviação deixaram de voar, reduzindo a oferta de vôos de bandeira brasileira dentro e fora do país. Nesse meio tempo, a crise econômica da Varig, então a maior empresa de transporte aérea brasileira, tomava corpo.

No entanto, apesar de contar com um sistema aéreo moderno, o Brasil não possui infra-estrutura suficiente para sustentar um crescimento médio no número de passageiros de 12% ao ano (ANAC, 2007). O maior gargalo de transportes é em São Paulo já que, por ser a maior economia do país, atrai o maior número de passageiros. Solucionar a falta de estrutura dos aeroportos tem se mostrado uma tarefa complexa, pois a construção ou mesmo a reforma de um aeroporto demanda tempo.

No caso de Congonhas, palco da tragédia do vôo 3054 da TAM em julho de 2007, que teve a capacidade reduzida em 40% no segundo semestre daquele ano, o movimento de pousos ou

decolagens horário passou de 48 para 30, de acordo com dados da INFRAERO. A redução obrigou companhias aéreas a transferirem parte de seus vôos para outros locais, como Guarulhos. No entanto, por esse aeroporto também já se apresentar congestionado, foi preciso buscar alternativas. A TAM, por exemplo, deu início a mais operações no aeroporto Tom Jobim (Galeão), no Rio de Janeiro e, de acordo com a INFRAERO, houve crescimento de 20,84% na movimentação de passageiros em 2008 quando em comparação a 2007. A movimentação doméstica obteve um crescimento de 24%, passando de 585.650 passageiros domésticos embarcados e desembarcados em fevereiro de 2007, para 752.729 em fevereiro de 2008. O aumento da movimentação de aeronaves segue o aumento de passageiros: foram realizados 10.300 pousos e decolagens nas pistas do Galeão, 14% a mais que os 9.070.

Outras companhias aéreas sugerem tornar Brasília um terceiro *hub*, depois de Congonhas e Guarulhos, em São Paulo. Foram alterados também os horários de alguns vôos internacionais em Guarulhos para que haja mais sinergia com os vôos domésticos. Esta nova configuração da malha aérea poderá permitir que companhias elevem de forma eficiente a utilização de suas aeronaves, aumentando a ocupação e a produtividade de seus aparelhos.

A atual crise aérea pode ter sido superada, mas a capacidade deste setor não foi ampliada. A nova diretoria na Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) implantou políticas mais restritas para as companhias aéreas como, por exemplo, a redução de problemas de *overbooking* (venda de passagens além da capacidade do avião). Foi feita também uma reorganização da malha aérea, criando mais espaços nos aeroportos, e uma fiscalização mais próxima das empresas, de forma a não permitir modificações de seus planos de vôo sem a notificação dos órgãos de controle. Com isso, a média de vôos atrasados no país baixou de 13% em dezembro de 2007 para 7% em fevereiro em 2008.

Num contexto nacional, São Paulo destaca-se como o centro gerador de tráfego. Aeroportos que atendem a capital detêm a maior parcela do total de partidas e chegadas realizadas no Brasil (ANAC, 2007). O Aeroporto Internacional de São Paulo – Guarulhos, com pouco mais de duas décadas de operação, tornou-se o maior pólo de vôos internacionais e, com a flexibilização da

política de transporte aéreo adotada a partir da segunda metade dos anos 90, consolidou sua posição no contexto nacional.

O Aeroporto de São Paulo – Congonhas estabelece-se hoje como o aeroporto brasileiro com maior volume de tráfego aéreo doméstico. Esse tem sido objeto de atenção especial de autoridades aeronáuticas, as quais têm praticado uma política de concessão de *slots* a fim de gerenciar a oferta de serviços de transporte aéreo. Essas medidas têm o objetivo de gerenciar as limitações de capacidade de processamento deste aeroporto.

A cidade de São Paulo conta ainda com o Aeroporto de Campo de Marte, especialmente dedicado à operação da Aviação Geral. Este desempenha fundamental atuação para um bom desempenho sistêmico da infra-estrutura implantada na região em termos de capacidade, permitindo a segregação do movimento constituído por aeronaves leves.

Quanto ao Aeroporto Internacional de Viracopos – Campinas, embora sua localização seja relativamente distante do centro gerador de tráfego, este tem sido apontado como alternativa para implantação de um novo grande aeroporto para a região metropolitana de São Paulo. No entanto, medidas preconizadas nos Planos Diretores aeroportuários deste aeroporto têm encontrado dificuldades para serem implantadas.

2.1 Análise da evolução provável do tráfego aéreo

A análise do potencial de mercado da região atendida pelos serviços de transporte aéreo na capital do Estado parte da premissa de que as áreas capazes de gerar/atrain tráfego para estes aeroportos devem ser compartimentadas em função do tipo de serviço estudado. Assim, para os serviços de transporte aéreo de âmbito doméstico, o mercado considerado compreende todas as localidades cujo centro gerador de tráfego esteja localizado a 90 minutos de distância rodoviária e, para o segmento internacional, sua influência ultrapassa as fronteiras do estado de São Paulo. Essas considerações são essenciais uma vez que têm influência direta nos limites da área a ser considerada como capaz de receber um novo aeroporto.

O Instituto de Aviação Civil (IAC) elaborou e publicou, em 2005, um estudo sobre a evolução da demanda dos aeroportos brasileiros, do qual foram selecionadas as projeções relativas aos aeroportos do presente trabalho. As tabelas, de 2.1 a 2.6, apresentam um resumo das projeções do movimento de passageiros, carga e mala postal e de aeronaves nos aeroportos selecionados.

É importante ressaltar que os estudos elaborados pelo IAC apresentam um quadro de evolução de volume médio de tráfego feitos a partir de informações históricas do movimento de passageiros, o que implica em aceitar a hipótese de que, tudo o que aconteceu no passado, continuará ocorrendo no futuro. Em outras palavras, isso significa que São Paulo continuará sendo o principal centro de operação de serviços de transporte aéreo internacional brasileiro assim como deterá a condição de principal centro de operações de serviços de conexão dos segmentos doméstico e internacional.

A decisão de impedir que seja mantido o Aeroporto de Congonhas como o principal *hub* das empresas de transporte aéreo doméstico nacional influencia diretamente o volume médio de tráfego desse aeroporto. Entretanto, o potencial identificado na região poderá ser explorado se uma nova infra-estrutura aeroportuária for implantada na região.

Tabela 2.1: Projeção do movimento de passageiros - 2015

Tráfego	SBGR	SBSP	SBKP	SBMT	SBSJ	TOTAL
Dom. Reg.	11.634.254	27.219.438	1.557.207	...	63.653	40.474.552
Intern. Reg.	16.621.670	...	254.256	...	...	16.875.926
Dom. não-Reg.	2.330.398	2.968.054	180.056	28.395	38.658	5.545.561
Intern. não-Reg.	172.032	...	3.408	...	...	175.440
Aviação Geral	26.091	164.134	3.868	346.628	8.131	548.852
TOTAL	30.784.445	30.351.626	1.998.795	375.023	110.442	63.620.331

Fonte: IAC

Tabela 2.2: Projeção do movimento de passageiros - 2025

Tráfego	SBGR	SBSP	SBKP	SBMT	SBSJ	TOTAL
Dom. Reg.	23.045.249	50.838.419	3.113.430	...	121.869	77.118.967
Intern. Reg.	27.766.808	...	424.740	...	...	28.191.548
Dom. não-Reg.	4.124.415	4.635.823	325.458	51.326	69.875	9.206.897
Intern. não-Reg.	358.618	...	7.105	...	...	365.723
Aviação Geral	54.790	313.724	8.123	662.540	15.543	1.054.720
TOTAL	55.349.880	55.787.966	3.878.856	713.866	207.287	115.937.855

Fonte: IAC

Tabela 2.3: Projeção do movimento de aeronaves - 2015

Tráfego	SBGR	SBSP	SBKP	SBMT	SBSJ	TOTAL
Dom. Reg.	141.455	299.936	26.016	...	3.026	470.433
Intern. Reg.	118.476	...	12.138	...	...	130.614
Dom. não-Reg.	28.046	48.261	3.887	8.113	8.066	96.373
Intern. não-Reg.	2.542	...	5.606	...	...	8.148
Aviação Geral	22.688	77.421	6.786	138.651	12.706	258.252
TOTAL	313.207	425.618	54.433	146.764	23.798	963.820

Fonte: IAC

Tabela 2.4: Projeção do movimento de aeronaves - 2025

Tráfego	SBGR	SBSP	SBKP	SBMT	SBSJ	TOTAL
Dom. Reg.	252.815	535.000	46.067	...	5.031	838.913
Intern. Reg.	179.316	...	19.116	...	...	198.432
Dom. não-Reg.	45.235	71.320	5.780	12.220	11.862	146.417
Intern. não-Reg.	3.975	...	8.572	...	...	12.547
Aviação Geral	35.348	120.663	10.550	233.087	19.927	419.575
TOTAL	516.689	726.983	90.085	245.307	36.820	1.615.884

Fonte: IAC

Tabela 2.5: Projeção do movimento de carga e mala postal (t) - 2015

Tráfego	SBGR	SBSP	SBKP	SBMT	SBSJ	TOTAL
Dom. Reg.	450.409,96	79.068,06	6.364,47	...	116,70	535.959,19
Intern. Reg.	516.118,66	...	465.317,14	...	...	981.435,80
Dom. não-Reg.	151.141,82	2.793,36	35.947,08	...	305,92	190.188,18
Intern. não-Reg.	1.907,58	...	30,05	...	...	1.937,63
Aviação Geral	...	...	...	...	...	...
TOTAL	1.119.578,02	81.861,42	507.658,74	...	422,62	1.709.520,80

Fonte: IAC

Tabela 2.6: Projeção do movimento de carga e mala postal (t) - 2025

Tráfego	SBGR	SBSP	SBKP	SBMT	SBSJ	TOTAL
Dom. Reg.	937.814,50	164.630,40	13.656,56	...	242,98	1.116.344,44
Intern. Reg.	1.025.093,81	...	924.193,91	...	...	1.949.287,72
Dom. não-Reg.	267.225,68	5.081,49	65.392,48	...	538,75	338.238,40
Intern. não-Reg.	3.028,45	...	47,71	...	...	3.076,16
Aviação Geral	...	...	...	...	...	...
TOTAL	2.233.162,44	169.711,89	1.003.290,66	...	781,73	3.406.946,72

Fonte: IAC

A hipótese considerada nas estimativas de evolução de volume médio de tráfego sugere que, se a situação do movimento de aeronaves na Terminal São Paulo, atualmente, já é considerada crítica, uma situação ainda mais preocupante é esperada futuramente. A quantidade total de movimentos de aeronaves na área de influência dos aeroportos estimada para o último horizonte de trabalho, considerado nas estimativas do IAC como o ano de 2025, é de mais de 1.600.000 operações de pousos e decolagens.

3 Avaliação da infra-estrutura e capacidade dos aeroportos existentes

Este capítulo compara a infra-estrutura dos aeroportos existentes, atualmente, na Terminal São Paulo com base no trabalho “Estudo de Alternativas para Localização do Aeroporto Metropolitano de São Paulo”, desenvolvido por equipe de professores e alunos do ITA em 2006. Estimativas de capacidades necessárias foram levantadas para os horizontes de planejamento dos anos de 2015 e 2025.

O dimensionamento de capacidades necessárias objetivou permitir o diagnóstico da infra-estrutura implantada, identificar gargalos de processamento e estimar o provável momento de implantação de melhorias capazes de solucionar problemas identificados.

3.1 Síntese dos resultados obtidos no estudo

A Tabela 3.1 apresenta um resumo do resultado dos estudos de avaliação da capacidade instalada dos aeroportos da Terminal São Paulo.

Tabela 3.1: Síntese das capacidades anuais

	SBGR	SBSP	SBKP	SBMT	SBSJ
VFR (Cap. 2)	94	105	51	98	98
IFR (Cap. 2)	60	59	50	-	59
Balanceada	65	66	50	-	65
Vol. Serv. Anual	340.000	285.000	240.000	230.000	230.000
VFR (Cap. 3)	56	56	44	81	62
IFR (Cap. 3)	48	47	44	-	50
Balanceada	49	48	44	-	52
Capacidade Anual	256.000	155.000*	211.000	190.000	184.000

* Considera a restrição de 33 movimentos por hora.

Os números acima são estimativas de capacidade e baseiam-se na frota de aeronaves em operação, atualmente, nesses aeroportos. A tendência de utilização de aeronaves maiores por parte dos operadores de serviços de transporte aéreo doméstico nacional pode acarretar uma

sensível alteração nos volumes médios de tráfego estimados, fazendo com que essas estimativas tornem-se reduzidas.

3.2 Análise Demanda x Capacidade

A Tabela 3.2 apresenta um resumo de estudos de demanda potencial estimada e capacidade anual instalada dos componentes do lado aéreo dos aeroportos da Terminal São Paulo. Esse resumo permite inferir as condições de volume médio de tráfego esperadas para o conjunto daqueles aeroportos.

Tabela 3.2: Análise Demanda x Capacidade

Aeroporto	2006	2015	2025	Cap. Instalada	Cap. Prática
SBGR	154.948	313.207	516.689	340.000	256.000
SBSP	230.995	425.618	726.983	285.000	155.000
SBKP	25.107	54.433	90.085	240.000	211.000
SBMT	85.158	146.764	245.307	230.000	190.000
SBSJ	11.938	23.798	36.820	230.000	184.000
TOTAL	508.146	963.820	1.615.588	1.197.500	996.000

Das informações apresentadas na Tabela 3.2, pode-se inferir que, já no ano base considerado de 2006, o Aeroporto de Congonhas apresenta um movimento de aeronaves superior à sua capacidade prática, agravando-se essa situação ao longo dos horizontes de planejamento adotados.

Embora a capacidade total do conjunto de aeroportos seja superior às estimativas de volume médio de tráfego feitas para o horizonte de 2015, pode-se concluir que o conjunto não estará operando satisfatoriamente à época. Será necessário realocar esse tráfego dentre os elementos de infra-estrutura disponíveis e, ainda, considerando o movimento de aeronaves orientado, preferencialmente, para o aeroporto de Congonhas.

O movimento do Aeroporto de Congonhas é composto, preponderantemente, por duas parcelas de tráfego, sendo uma gerada por um segmento de tráfego de negócios que utiliza ligações

diretas, de etapas curtas, e que se beneficiam da disponibilidade de grande gama de opções de frequências em um aeroporto central, e outro constituído por passageiros que apenas passam por esse aeroporto em serviços de conexão. Essa característica sugere que a possibilidade de transferência parcial do tráfego corresponde ao movimento da ponte aérea Rio/São Paulo para o aeroporto de Guarulhos seja inviável, não somente porque a capacidade ociosa deste processamento de passageiros será ainda menor futuramente, como também pelo aumento no tempo total de viagem dos passageiros.

O segundo horizonte de planejamento considerado, 2025, apresenta um quadro ainda mais crítico. As estimativas de volume médio de tráfego de aeronaves para os aeroportos de Guarulhos e de Congonhas são bastante superiores às estimativas de capacidade máxima de cada um desses dois aeroportos, sugerindo a necessidade de que esteja disponível uma nova infra-estrutura de pouso capaz de atender a essa evolução.

Ainda que sejam implementadas medidas no sentido de aumentar a capacidade do aeroporto de Guarulhos, objetivando atender ao crescimento esperado do movimento de aeronaves desse aeroporto, estas poderão não ser suficientes para a solução do problema. Ainda assim, serão necessárias ações visando o processamento da parcela transferida proveniente do tráfego de Congonhas, constituído por outros segmentos de demanda.

A evolução esperada do mercado de transporte aéreo doméstico para a área de influência direta dos aeroportos da região de São Paulo sugere a necessidade de que, para um horizonte de 10 ou 20 anos, seja disponibilizada uma nova infra-estrutura, com condições de operar um movimento substancialmente maior que a atual capacidade do aeroporto de Congonhas, para absorver a evolução esperada. Deve-se acrescentar que as limitações operacionais do aeroporto Campo de Marte podem influenciar uma sobrecarga no movimento dos demais aeroportos, agravando as condições conjunturais.

Em face do exposto cenário, no qual, nem as capacidades instaladas mostram serem suficientes para atender a futura demanda do mercado aéreo, nem a ampliação dos aeroportos atualmente existentes seja viável, uma possível solução estrutural é a implantação de um novo aeroporto.

4 Requisitos de projeto

4.1 Caracterização do Sítio Aeroportuário

Tendo como base conclusões de estudo realizado pelo ITA, intitulado “Estudo de Alternativas para Localização do Aeroporto Metropolitano de São Paulo”, pode-se afirmar que, dada a atual saturação da malha aérea do estado de São Paulo e a tendência de seu agravamento, é necessária a construção de um novo complexo aeroportuário que supra as futuras necessidades de transporte desse modal na área do Sítio de Santo Ângelo, região de Mogi das Cruzes, com coordenadas $23^{\circ}41'S$ $046^{\circ}15'W$, a cerca de 40 km da Catedral da Sé, conforme Figura 4.1.



Figura 4.1: Foto aérea do Sítio de Santo Ângelo (Mogi das Cruzes)

Características do local:

- O sítio localiza-se na área contida por um círculo com 40 km de raio traçado no baricentro da área de influência direta do novo aeroporto, definido como sendo a Praça da Sé, no centro de São Paulo;
- Para efeitos de tráfego aéreo, consideram-se todos os aeroportos operados por serviços de transporte aéreo do tipo Regular ou não-Regular;
- O sítio tem condições de abrigar, pelo menos, uma pista de pouso e outra de decolagem com dimensões suficientes para a operação do maior equipamento do segmento doméstico de serviços regular;
- São previstas as instalações de todas as facilidades necessárias à operação IFR precisão, atendendo, ainda, todos os requisitos estabelecidos pela regulamentação em vigor;
- O sistema de pista é composto pela pista de pouso e decolagem, pistas de táxi e saídas de velocidade a fim de garantir o máximo potencial de operação para o sistema;
- As estimativas de evolução do mercado de transporte aéreo consideradas são as projeções de demanda elaboradas pelo Instituto de Aviação Civil divulgadas através do documento “Demanda Detalhada dos Aeroportos do Brasil – 2005”;
- Apresenta ondulações de terreno inferiores a 50 m, gerando baixos movimentos de terra;
- Área do sítio praticamente é desocupada, com pequenas propriedades rurais;
- O entorno do sítio, cercado pelos municípios de Mogi das Cruzes e Suzano, está baixamente povoado;
- Considerando-se o alinhamento 11/29 para a pista de pouso, não há obstáculos que impeçam a aproximação e decolagem;
- Não apresenta restrições ambientais severas.

Considerou-se a área uma com formato aproximado de um retângulo, de dimensões aproximadas de 5.000m de comprimento e 3.000m de largura, devendo a região adjacente ao local ter uso do solo compatível com a atividade do novo equipamento urbano. Essas medidas foram definidas admitindo-se que o novo aeroporto seja capaz de permitir a operação de serviços de transporte aéreo de passageiros, carga, mala postal e aviação geral e disponibilidade de área compatível com a exigida pela atividade de um grande aeroporto.

Levando-se em conta que as operações nos aeroportos já existentes na TMA-SP não serão interrompidas, é fundamental que o tráfego aéreo do novo sítio aeroportuário coexista com o tráfego de Guarulhos e Congonhas.

4.2 Aquisição das imagens de satélite de alta resolução

As imagens que serviram como base para a confecção do projeto geométrico foram obtidas pelo satélite *QuickBird*. Elas estão divididas em pequenos quadrículos, chamados *tiles*, definidos por *grids*, baseados, por sua vez, em *pixels*. Dessa forma, *tiles* baseados em *pixels* foram definidos com a resolução de cerca de 16.000 por 16.000 *pixels*.

O processo de aquisição de imagens é baseado em grandes *grids*, nas quais, primeiramente, é desenhando um retângulo delimitador-mínimo (*minimum-bounding rectangle, MBR*) em volta da imagem. O MBR é então dividido em *tiles*, calibrados de acordo com a resolução de imagem desejada, no caso, 16k x16k, contendo 16384 X 16384 *pixels* por *tile*.

Os dados obtidos pelo satélite são corrigidos radiometricamente e sensorialmente, mas não geometricamente e, tampouco, mapeadas cartograficamente para uma projeção elipsoidal. A resolução das imagens varia segundo o ângulo *nadir*. Desse modo, imagens em preto e branco têm resolução de 61 cm, subindo para 72 cm em um ângulo nadir de 25° e chegando até a 1.14 m para um ângulo máximo de 45°.

As correções radiométricas aplicadas consistiram em:

- Variações radiométricas relativas entre detectores, que elimina diferenças nas imagens devido à variações de sensibilidade entre *pixels*;
- Conversão radiométrica absoluta, que calibra, de forma geral, respostas do detector a todos os sinais radiométricos conhecidos;

O sensor de correções contou com:

- Detector de geometria interno, que combina os seis conjuntos *chip* digital em um *array* virtual;

- Distorção óptica, que corrige distorções de imagem causadas pelo sensor óptico;
- *Scan* de distorção, que corrige distorções na imagem causadas pela taxa de varrimento e pela digitalização;

Os dados de imagem são refinados pelo *Image Support Data* (ISD) e por um modelo de elevação digital, contando com uma precisão de 23 m, CE90%, excluindo visualizações geométricas, topográficas e deslocamentos. As imagens foram ortoretificadas pelo modelo de Coeficientes Racionais Polinomiais (*Rational Polynomial Coefficients*, RPC), que proporcionam um mapeamento por transformação matemática de coordenadas de satélite em coordenadas de imagem. As precisões deste método variam entre 3 m e 6 m.

Para a composição das cores naturais das imagens, combinaram-se informações visuais multiespectrais das três bandas de cores fornecidas pelo satélite, ou seja, as bandas azul, vermelha e verde, com informações espaciais na faixa do preto e branco.

O sistema de coordenadas, ao qual às imagens são georreferenciadas, é expresso em relação a um referencial fixo centrado na Terra. O *datum* utilizado foi o WGS 84. Todos os valores de altimetria e demais dimensões associadas são expressas em metros, relativamente ao elipsóide WGS 84.

4.3 Hipótese de projeto

Será adotada como principal hipótese de projeto que os elementos referentes à geometria do lado aéreo do novo aeroporto possuem, para todos os efeitos, as mesmas demandas e dimensões daqueles do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos, quando não especificado o contrário, conforme Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Dados do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos.

Sítio Aeroportuário	
Área (m ²)	13.774.086
Pistas	
Dimensões (m)	3.700 m x 45 m
	3.000 m x 45 m
Terminal de Passageiros	
Capacidade/Ano	TPS I: 8.250.000 e TPS II: 8.250.000
Área (m ²)	TPS I: 91.940 e TPS II: 91.940
Estacionamento	
Capacidade	3500
Balcões de Check-in	
Quantidade	260
Estacionamento de Aeronaves	
Número de Posições	66

Fonte: INFRAERO (Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária)

4.4 Aeronave de projeto

A aeronave de projeto a ser considerada para o projeto do novo aeroporto é o Boeing 767.

4.5 Composição da frota

A composição da frota que opera num determinado aeroporto, ou *mix* de frota, afeta o fluxo de pousos e decolagens devido às características de cada categoria de aeronave e a interação entre elas. Há diversas combinações de seqüências de aeronaves liderando ou seguindo outras em procedimentos de partida ou chegada, para as quais os padrões de separação mínima devem ser respeitados.

As categorias de aeronaves são normalmente estabelecidas em função da magnitude de esteira de turbulência por elas gerada, que, por sua vez, está relacionada com o tamanho e peso da

aeronave. Uma aeronave de menor porte seguindo uma de maior porte de ter maior separação por razões de segurança. É importante atentar para a importância de levar em consideração esses fatores nas seqüências de chegadas e partidas para o cálculo de capacidade de um sistema de pistas.

Além do aspecto de segurança quanto à esteira de turbulência, a composição da frota entre aeronaves Turbofan e Turboélice também influencia a separação nas decolagens. Uma vez que os Turboélices têm menor taxa de ascensão, é necessário provê-los de maior separação para que possam livrar a rota do Turbofan que os seguem.

Para a definição do *mix* de aeronaves, escolheu-se, por hipótese de projeto, a movimentação diária mais intensa registrada no Aeroporto Internacional de Guarulhos no ano de 2007 (ANAC, 2007), registrando um fechamento de 578 movimentos/dia e 48 movimentos na hora pico.

Tabela 4.2: Uso de pista por movimento e regra de vôo

Cabeceira	ARR	DEP	TOTAL	%
09	118	85	203	35,1
27	63	55	118	20,4
09	101	135	236	40,8
27	0	0	0	0
09	3	5	8	1,4
27	0	0	0	0
09	7	3	10	1,7
27	2	1	3	0,5
Movimentos	294	284	578	100

Tabela 4.3: Classes de aeronaves e composição de frota

Classe	Tipo de Aeronaves	Valor %
GA	Aeronaves pequenas, monomotor/bimotor (prop.) pesando 12.500 libras (Ex. LEAR35, CNA500)	2,4
SML	Aeronaves pequenas, monomotor/bimotor (prop.) pesando de 12.500 a 100.000 libras (Ex. E120 e ATR42)	8,5
LRG	Aeronaves grandes pesando de 100.000 a 300.000 libras (Ex. B707, B727, B737, A319, A320, A321, FK100)	63,3
HVY	Aeronaves muito grandes pesando acima de 300.000 libras (Ex. B767, B47, B777, DC10, A300, A330)	25,8

Considerando as hipóteses do modelo da FAA, obtém-se um Índice-Mix de aeronaves de 140,7.

4.6 Comprimento de pista

O comprimento das pistas de pouso é determinado em função da previsão da demanda do transporte aéreo no novo aeroporto e no seu crescimento. Os dados referentes à aeronave de projeto, altitude, temperatura, topografia, presença de obstáculos e vento são de grande importância para a determinação do comprimento da pista de pouso.

Deve-se verificar na determinação do comprimento de pistas de pouso e decolagem a extensão real da pista, a qual deve satisfazer os requisitos operacionais das aeronaves para as quais a pista será dedicada, não devendo ser inferior à maior extensão determinada ao aplicarem-se as

correções de condições locais para as operações e características de desempenho das aeronaves relevantes. A determinação do comprimento da pista não significa, necessariamente, que se devem prever operações de aeronaves críticas em carga máxima. Tanto os requisitos de decolagem quanto de pouso precisam ser considerados ao determinar a extensão da pista e a necessidade de se realizar operações nos dois sentidos da pista.

O comprimento de pista de decolagem será o maior valor entre o comprimento de pista balanceada, definida como a distância de aceleração e parada (ASD) que iguala a distância de decolagem (TOD) com falha de um motor; e 115% da distância de decolagem (TOD) com todos os motores;

Como o sítio aeroportuário não apresenta restrições espaciais significativas, o comprimento das pistas do novo aeroporto foi definido de modo a possibilitar, na maior parte do tempo, a operação da aeronave de projeto, com peso próximo ao máximo, sob as piores condições de vôo, e, ainda, considerando futuras ampliações nas cabeceiras de ambas pistas. Buscou-se a melhor configuração, considerando, aspectos econômicos.

Por meio dos ábacos da aeronave Boeing 767-400ER, a maior da série, foram definidas duas pistas, sendo uma delas usada, prioritariamente, para pousos (18R/36L) e, outra, para decolagens (18L/36R).

A altitude do novo aeroporto é de cerca de 750 m. Assim, a temperatura padrão ISA nesta altitude é de 10,2 °C. A temperatura de referência, definida como a média mensal das temperaturas máximas diárias para o mês mais quente do ano é de 28 °C.

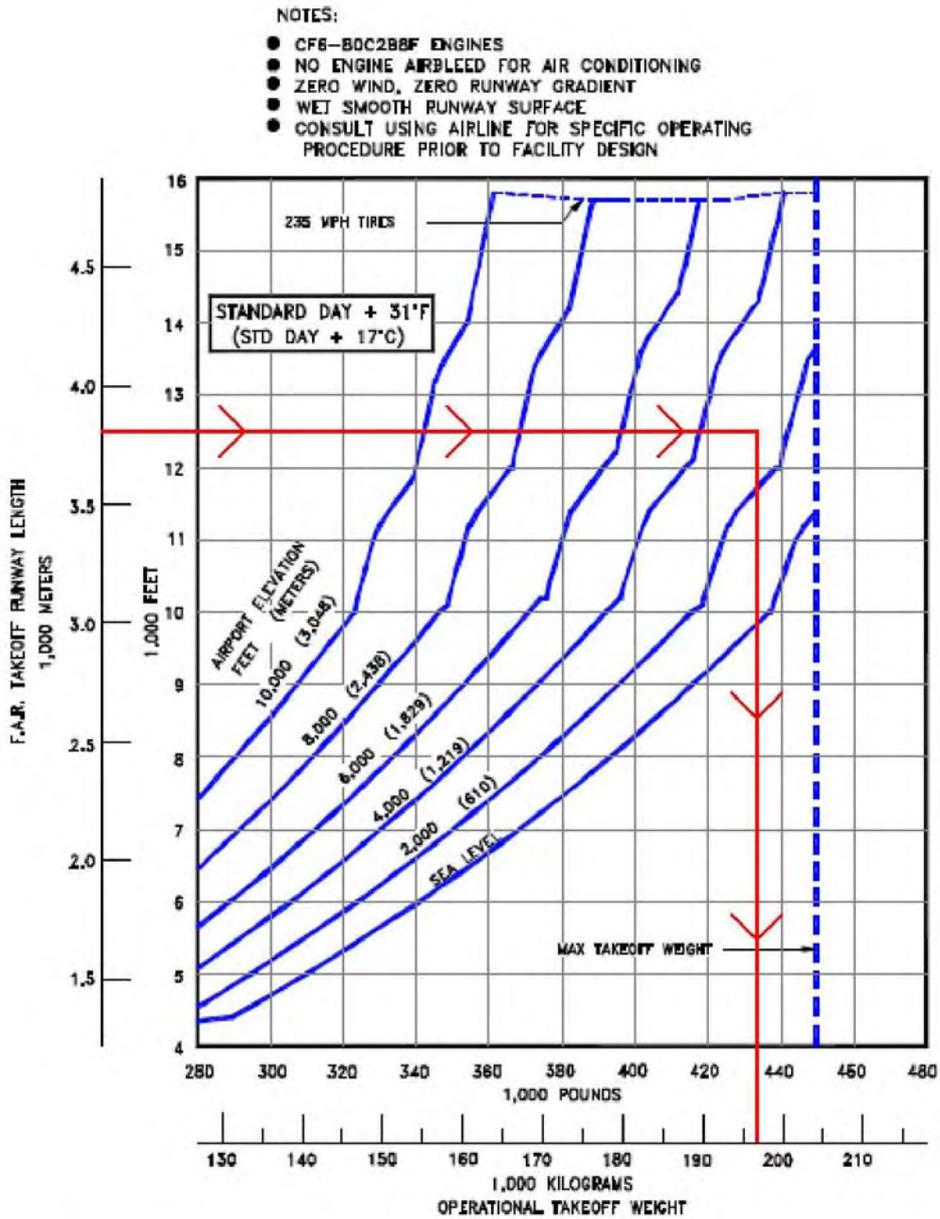
A Figura 4.2 mostra o ábaco do B767-400ER, maior modelo da série B767, sob condições de pista molhada. Se fossem consideradas operações com peso máximo de decolagem, a pista deveria ter um comprimento de aproximadamente 4300 m. Ao considerar o comprimento da pista de decolagem com 3700 m, seguindo a hipótese de projeto, haveria restrições de peso máximo de decolagem na pista 18R/36L, quando a temperatura é de aproximadamente 28 °C, numa altitude de 750 m e com pista molhada. Nesse caso, a aeronave deveria limitar seu peso a cerca de 196

toneladas, 9 toneladas a menos que o peso máximo de decolagem de 205 toneladas. No entanto, ao limitar-se o peso de decolagem a 95% do peso máximo de decolagem, houve redução do comprimento da pista em 600 m, representando uma economia de, aproximadamente 16%. Estatisticamente, o pequeno número de operações sob condições de pista molhada e peso máximo de decolagem justificaria, economicamente, uma redução do comprimento da pista e decolagem, ao garantir um atendimento majoritário da demanda.

Analogamente, para casos em que a pista encontra-se seca, as limitações para peso de decolagem são de 7 toneladas a menos do que o peso máximo de decolagem, perfazendo um total de 198 toneladas passíveis de serem transportadas e 97% da capacidade do peso máximo de decolagem.

Verificações com os outros modelos da série B767 (B767-200, B767-200ER, B767-300, B767-300ER), sob quaisquer condições da pista 18R/36L de 3700 m, indicam que todas as demais aeronaves podem realizar operações com seus respectivos pesos máximos de decolagem.

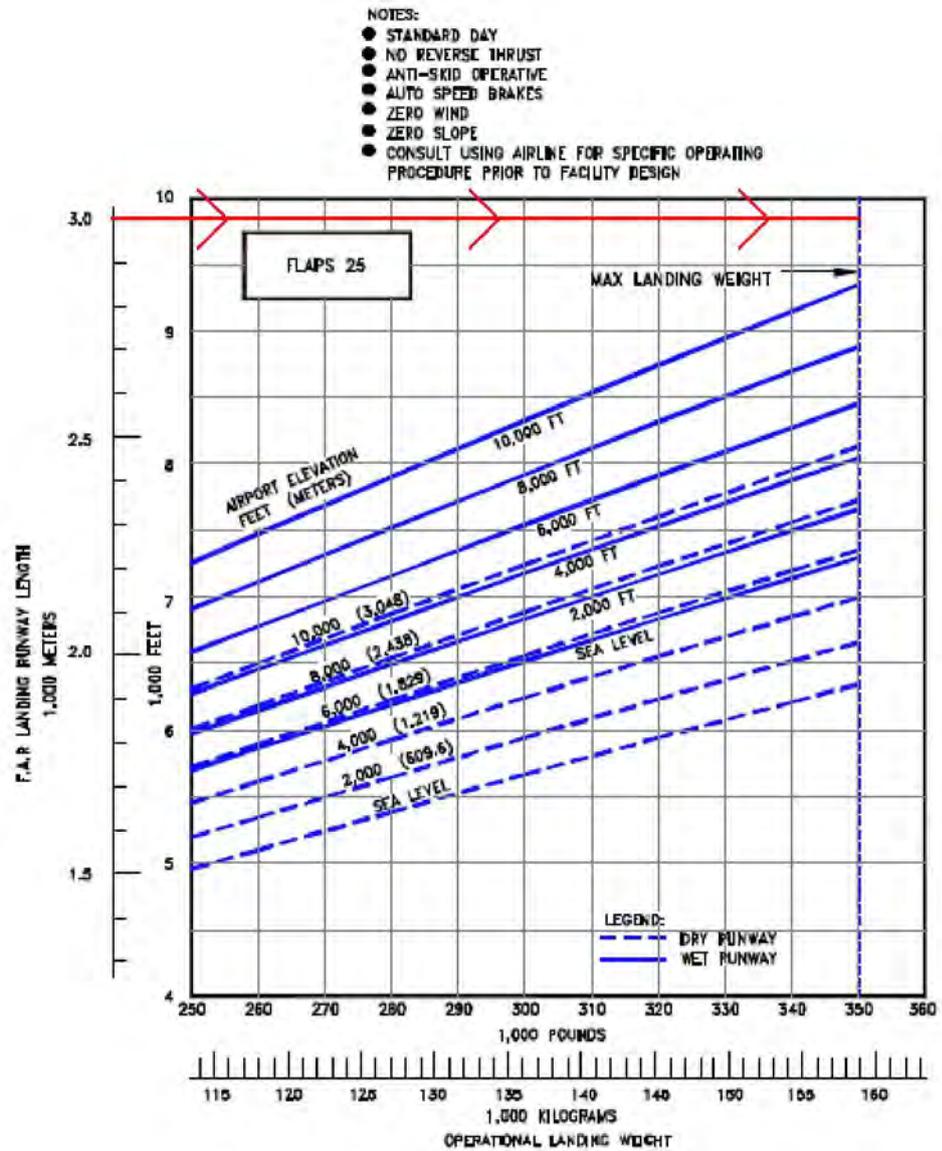
Com relação ao pouso e, seguindo a hipótese de projeto, quaisquer operações são possíveis para uma pista de 3000 m de comprimento, mesmo com o peso máximo de pouso. De acordo com o ábaco da Figura 4.3, verifica-se que o B767-400ER, modelo crítico da série, é capaz de pousar na condição de FLAPS 25 tanto em pista seca quanto molhada. Ao se fazer esta verificação para os demais modelos de aeronave da série B767, chega-se à mesma conclusão. Dessa forma, não há redução da capacidade nem no *Payload*, tampouco no peso de combustível.



3.3.28 F.A.R. TAKEOFF RUNWAY LENGTH REQUIREMENTS
STANDARD DAY + 27°F (STD + 15°C), WET SMOOTH RUNWAY SURFACE
MODEL 767-400ER (CF6-80C2B8F ENGINES)

Figura 4.2: Ábaco do B767-400ER para verificação do comprimento de pista necessário à decolagem para a condição de temperatura ISA + 17°C, pista molhada.

Fonte: Boeing.



3.4.9 FAA LANDING RUNWAY LENGTH REQUIREMENTS - FLAPS 25
MODEL 767-400ER

D6-58328

Figura 4.3: Ábaco do B767-400ER para verificação do comprimento de pista necessário ao pouso para a condição de FLAP 25.

Fonte: Boeing

4.7 Categoria da Pista

Para determinar os requisitos geométricos das pistas do novo aeroporto, é necessário classificá-las conforme determina o Anexo 14 da OACI, ou seja, é necessário determinar o código da pista, composta de um número e uma letra.

De acordo com o Anexo 14 da OACI, a classificação numérica para o aeródromo é dada pela Tabela 4.4:

Tabela 4.4: Tabela para a classificação numérica da pista de um aeródromo

Número-Código	Comprimento de Referência de Pista de uma Aeronave
1	Menos de 800 m
2	De 800 m até 1.199 m
3	De 1.200 m até 1.799 m
4	Mais de 1.800 m

Os comprimentos das novas pistas seriam, inicialmente, de 3700 m e 3000 m, respectivamente, para 18R/36L e 18L/36R. No entanto, de acordo com Organização da Aviação Civil Internacional (OACI), deve-se aplicar fatores de correção ao comprimento original das pistas, pois aqueles definidos pela Tabela 4.2 referem-se a uma condição de aeródromo ao nível do mar, temperatura padrão e gradiente de pista nulo.

De acordo com a Tabela 4.5, deve-se aplicar um fator de correção de 1,38 para o comprimento de cada pista. Isto significa que, nas condições impostas pela OACI, as novas pistas teriam comprimentos equivalente de 2681 m e 2174 m, respectivamente para 18R/36L e 18L/36R, o que implica em códigos numéricos 4 para ambas pistas.

Mesmo no caso de ampliações de 200 m nas duas extremidades das pistas, a classificação destas seria 4, apesar de que, em casos de fatores de correção maiores do que 35%, há a necessidade de estudos mais específicos. Contudo, verifica-se que os valores obtidos, dificilmente, apresentariam erros de ordem suficientemente grande capazes de alterar a classificação das pistas para 3.

A largura da pista de pouso é estabelecida em função de seu código. A largura de uma pista de pouso e decolagem para aeródromos classificados como *IFR Precisão* não deverá ser inferior a 30 metros. As combinações de números e letras de código para as quais as larguras são especificadas foram desenvolvidas para características típicas de aeronaves.

Os acostamentos devem existir nas laterais da pista de pouso e decolagem quando a classificação do aeródromo for código D e a largura da pista for menor que 60m. Sua função básica é a de proteger os aviões de grande envergadura contra objetos, poeira, pedras ou outro material que possam ser sugados pelas turbinas durante as operações de pouso e decolagem.

De acordo com a OACI, a letra código para o aeródromo é dada pela Tabela 4.6. A Tabela 4.5 mostra características da aeronave de projeto para classificar a pista.

Tabela 4.5: Fatores de correção recomendados pela OACI e fatores aplicados

	Fator de correção recomendado	Situação da pista	Fator de correção aplicado
Altitude	7% de comprimento para cada +300m de altitude	Aproximadamente 750m de altitude	17%
Temperatura	1% de comprimento para cada +1°C de diferença entre a temperatura de referência do aeródromo e a temperatura padrão	Temperatura de referência = 28°C; Temperatura padrão (a 750m de altitude) = 10,2 °C	18%

Declividade	1% de comprimento para cada $\pm 0,1\%$ de declividade longitudinal	Na fase de pré- projeto ainda não se sabe a declividade a ser adotada
Fator de Correção Global		$1,17 \times 1,18 = 1,38$

Tabela 4.6: Tabela para a determinação da letra-código da pista segundo a OACI.

Letra Código	Envergadura (m)	Distância entre os bordos externos do Trem de pouso principal (m)
A	Menos de 15	Menos de 4,5
B	De 15 a 23	De 4,5 a 5,9
C	De 24 a 35	De 6,0 a 8,9
D	De 36 a 51	De 9,0 a 13,9
E	De 52 a 64	
F	De 65 a 79	De 14,0 a 15,9

Tabela 4.7: Características da aeronave de projeto para classificação da pista.

Aeronave	Envergadura (m)	Bitola da Aeronave de Projeto (m)
B767-200	47,57	10,9
B767-300	47,57	10,9
B767-400	51,90	10,9

Analisando-se a Tabela 4.6, pode-se concluir que a letra código da pista é D. Portanto, as novas pistas recebem a classificação de 4D.

4.8 Requisitos geométricos

A fim de garantir procedimentos de pouso e decolagem, rolamento e estacionamento das aeronaves a operação seguros e eficientes, é preciso seguir as recomendações da OACI, do DAC (Departamento de Aviação Civil) e do DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo).

Como a classificação das pistas é 4D e, considerando que as pistas sejam instrumentada com ILS, as características geométricas devem ser respeitadas.

4.8.1 Pista de pouso

Características:

- Largura mínima da pista de pouso: 45 m;
- Largura mínima da pista de pouso mais acostamentos: 60 m;
- Declividade longitudinal efetiva máxima: 1,25%;
- Declividade longitudinal máxima por trechos: 1,50%, exceto no primeiro e último quarto do comprimento da pista, onde a declividade não pode exceder 0,8%;
- Mudança de declividade longitudinal: não pode superar 1,50% entre duas declividades longitudinais consecutivas.
- Curvas de concordância vertical: deverão ter raio de curvatura de pelo menos 30000m ou 0,1% a cada 30 m;
- Distância mínima entre mudanças de declividade longitudinal: o máximo entre 45m e $30000 \cdot |i_1 + i_2|$, onde i_1 e i_2 estão definidos na figura 4.4;

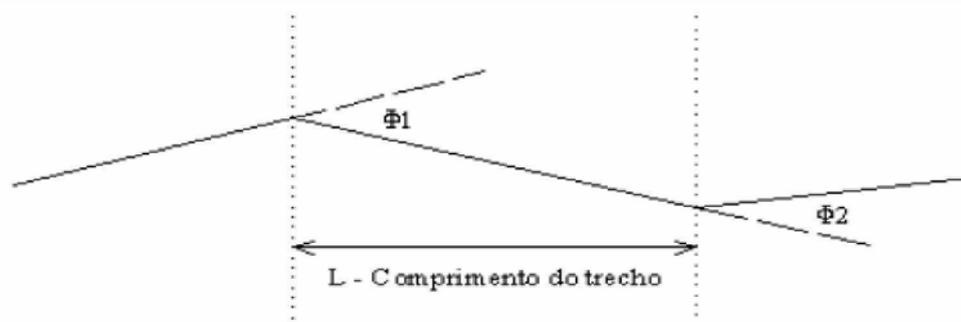


Figura 4.4: Esquema de mudança de declividade na pista de pouso/decolagem

- Declividade transversal recomendada: 1,5%;
- Área de giro: Para uma pista com largura de 45 m, a área de giro tem as dimensões usuais apresentados na Figura 4.6;
- Largura da faixa de pista: 300 m, conforme dimensão A mostrada na Figura 4.5;

O gabarito da Faixa de Pista envolve a pista de pouso e tem, em cada ponto, a altitude do ponto mais próximo situado no eixo da pista ou no seu prolongamento. Na faixa de Pista não são permitidos quaisquer aproveitamentos que ultrapassem seu gabarito, tais como: construções, instalações e colocação de objetos de natureza temporária ou permanente, fixos ou móveis. Nenhum objeto fixo, mesmo respeitando o gabarito da faixa de pista, exceto os auxílios visuais necessários para os fins de navegação aérea, deve ser permitido no interior da faixa de pista dentro de uma distância 60 metros do eixo de uma pista de aproximação de precisão para a categoria I, II ou III, quando o código for 3 (B).

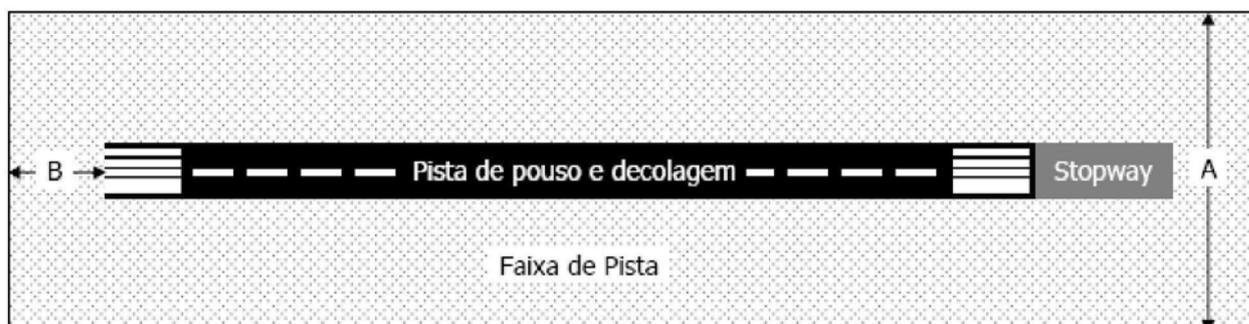


Figura 4.5: Esquema de Faixa de Pista

- Comprimento da faixa de pista: 60 m além de cada cabeceira da pista;
- Largura de faixa de pista altimetricamente trabalhada: variável entre 150 e 210 m;
- Comprimento de faixa de pista altimetricamente trabalhada: 30 m após as cabeceiras;
- Declividade longitudinal de faixa de pista altimetricamente trabalhada: acompanha a declividade da pista. Caso não seja possível fazer desta forma, o limite é de 1,75%;
- Declividade transversal de faixa de pista altimetricamente trabalhada: não deve exceder 2,5%, com exceção dos três primeiros metros após a borda da pista de pouso, onde a declividade pode chegar a 5%, com o intuito de facilitar a drenagem;

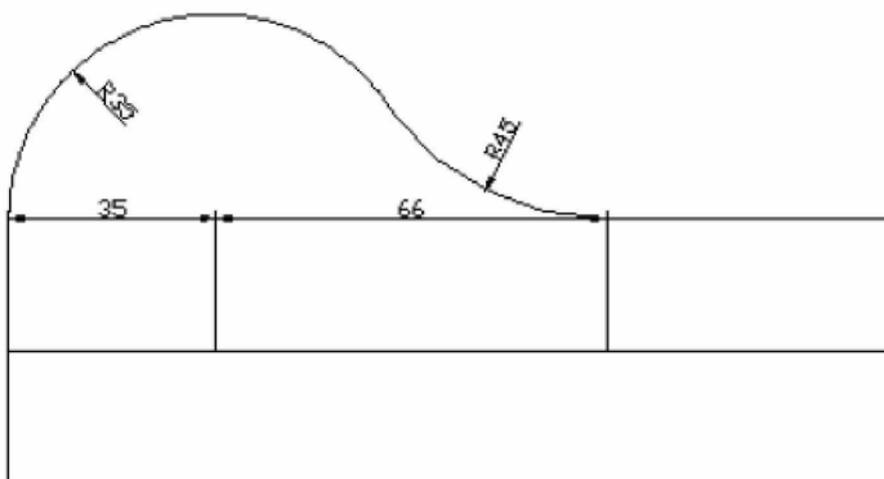


Figura 4.6: Dimensões mínimas recomendadas (em m) para a área de giro.

- Largura da RESA: pelo menos o dobro da largura da pista de pouso. O recomendado é que seja igual à largura da faixa de pista altimetricamente trabalhada;
- Declividade longitudinal descendente da RESA: no máximo 5%;
- Declividade transversal da RESA: no máximo 5%, tanto descendente quanto crescente;
- Distâncias entre eixos de pistas de pouso com operação independente: 1035 m (pode ser aumentada/diminuída, de acordo com a decalagem entre as pistas). Quando a cabeceira utilizada para a aproximação está deslocada da cabeceira de decolagem, a distância entre os eixos das pistas deve ser aumentada ou reduzida em 30 m a cada 150 m de deslocamento.

4.8.2 Clearway

A *Clearway* (Zona Livre de Obstáculos) é uma área retangular, sobre a qual uma aeronave pode efetuar parte de sua subida inicial até uma altura especificada.

Sua origem deve coincidir com a cabeceira da pista e suas características são:

- A largura não poderá ser inferior a 75 m para cada lado do prolongamento do eixo da pista de pouso;

- Os obstáculos existentes no solo não poderão ultrapassar a rampa de 1,25%, medida a partir da cabeceira.

4.8.3 *Stopway*

A *Stopway* (Zona de Parada) é uma área retangular, situada no prolongamento do eixo da pista no sentido da decolagem, destinada e preparada como zona adequada à parada de aeronaves. Suas características são:

- Deve ter pelo menos 60 m de extensão em relação ao final da pista e largura deverá ser a mesma da pista de pouso;
- A declividade longitudinal do *Stopway* segue as mesmas exigências aplicadas à pista de pouso, com exceção da limitação de 0,8% no primeiro e último quarto da pista;
- Na interseção da pista de pouso com o *Stopway*, a curva vertical de concordância, quando necessário, deverá ter um raio de curvatura mínimo de 10000 m (0,3% a cada 30 m).

4.7.4 Pistas de rolamento

Características:

- Largura mínima da pista de rolamento: 23,0 m;
- Largura mínima da pista de rolamento + acostamento: 38,0 m;
- Declividade longitudinal máxima de pista de rolamento: 1,5%;
- Raio de curvatura vertical para concordar trechos com declividades diferentes ao longo de pista de rolamento: 3000m ou 1% para cada 30m;
- Declividade transversal máxima para pista de rolamento: 1,5%;
- Largura mínima de faixa em relação ao bordo da pista: 40,50 m;
- Largura mínima preparada: 19m, medida a partir do eixo da pista de rolamento;
- Distância mínima entre pista de rolamento e pista de pouso: 176,00 m;
- Distância mínima entre eixos de pistas de rolamento: 66,50 m;
- Distância mínima entre pista de rolamento e obstáculos: 40,50 m;
- Distância mínima entre pista de rolamento destinada ao estacionamento de aeronave e obstáculos: 36,00 m;

- Distância mínima entre bordo externo do trem de pouso e o bordo do pavimento: 4,50 m;

4.9 Sinalização de Pistas

Um dos aspectos mais importantes em um aeroporto é a sua sinalização, tanto em termos de comunicação visual, como em termos de orientação. A sinalização diurna e o balizamento noturno são essenciais para o uso eficiente e seguro do aeroporto.

As pistas pavimentadas devem ser dotadas, no mínimo, de:

- *Marcas de Eixo de Pista:* faixas pintadas, de 30 m de comprimento, com intervalos de 20 m. A largura mínima é de 90 cm para pistas instrumentadas.
- *Marcas de Numeração de Cabeceira:* em cada cabeceira, na posição de largada para a corrida de decolagem, é marcada a direção da pista em relação ao Norte Magnético em dezenas de graus no sentido horário. O desenho dos algarismos é padronizado com 9 m de altura e 4 m de largura. Além do número, a designação de cabeceira recebe uma letra: L para esquerda e R para a pista da direita.
- *Marcas de Espera:* o cruzamento de fluxos deve ser marcado por linha contínua do lado da entrada na pista de maior precedência e barra tracejada, paralela à linha contínua, do lado da saída da pista.
- *Marcas de Cabeceira:* faixas de 30 m por 1,8 m simetricamente dispostas em relação ao eixo. O espaçamento é de 1,8 m entre as faixas e de 3,6 m entre as faixas centrais.
- *Marcas de Distância Fixa:* compõem-se de dois pares de faixas, um par para cada cabeceira, sendo cada faixa com 4 a 10 m de largura e 30 a 60 m de comprimento, separadas de 6 a 22,5 m simetricamente postadas em relação ao eixo da pista. Cada par é pintado a 400 m de distância entre si.
- *Marcas de Zona de Toque:* faixas de 22,5 m por 1,8 m de largura. São dois conjuntos paralelos de três faixas (entre essas, a separação é de 1,5 m) separados de 21,6 m e marcados a 150 m da cabeceira. A cada 150 m de distância a mais, pintam-se novos conjuntos com as seis faixas, depois com quatro, outro com quatro, e mais um com duas e, finalmente, a 900 m da cabeceira, um último com duas faixas. A distância mantida

entre as faixas mais próximas ao centro da pista é de 21,6 m, em todos os conjuntos. A pista apresenta essa sinalização para ambas as cabeceiras.

- *Marcas de Bordo de Pista*: para distinguir a pista do terreno a sua volta, pinta-se uma faixa contínua no bordo da pista com espessura de 90 cm.

Todas as marcas em pista de pouso devem ser em branco. Para melhor discriminação de fundo, as marcas podem ser molduradas em negro. As marcas em pista de táxi e pátios são pintadas em amarelo.

5 Projeto Geométrico Horizontal

5.1 Saídas de Pista

A localização adequada de saídas de pista aumenta a capacidade de operação dos aeroportos. Uma saída de pista deve ser projetada com o raio de curvatura, *turn-off*, de no mínimo 550 m quando o número código é 4.

A saída de pista deve incluir uma distância reta depois da curva de *turn-off* suficiente para que uma aeronave possa parar com segurança nas interseções com a pista de táxi. O ângulo de interseção da saída de pista com a *runway* deve estar entre 25° e 45°, e, preferivelmente, ser de 30°.

A localização depende da distância que a aeronave deve percorrer para reduzir sua velocidade de pouso até uma velocidade adequada para a saída da pista. As equações abaixo fornecem esta distância necessária:

$$D = D_{td} + D_e$$

Onde:

- D é a distância desde o início da pista até a saída;
- D_{td} é a distância do início da pista até o ponto de toque;
- D_e é a distância do ponto de toque até a saída.

$$D_e = (V_{td}^2 - V_e^2) / 2a$$

Onde:

- V_{td} é a velocidade da aeronave no toque;
- V_e é a velocidade de saída da aeronave a é a desaceleração da aeronave na pista.

Como recomendações da OACI têm-se os valores da Tabela 5.1:

Tabela 5.1: Valores de velocidade de toque e saída recomendados pela OACI

Aeronaves	V_{td}	V_e
Pequeno Porte	180 km/h	64 km/h
Médio Porte	220 km/h	96 km/h
Grande Porte	260 km/h	96 km/h

A desaceleração da aeronave na pista é estimada em $1,25 \text{ m/s}^2$. O ponto de toque da aeronave no solo é de 300 a 450m a partir do início da pista.

Dessa forma, a localização das saídas de pista é dada conforme as distâncias da Tabela 5.2:

Tabela 5.2: Distâncias das saídas de pista

Aeronave	V_{td} (m/s)	V_e (m/s)	a (m/s ²)	D_{td} (m)	D_e (m)	D (m)
Grande Porte	61.12	26.67	1.25	450	1259.77	1759.77
Pequeno Porte	50.00	17.78	1.25	350	873.58	1223.58

Considerando que, aproximadamente, 63% dos aviões que operarão são de porte grande e que 25% são de porte muito grande, de acordo com Tabela 4.3, perfazendo um total de mais de 85% das operações aeroportuárias, justifica-se construir saídas de pista que atendam, preferencialmente, a estas categorias de aeronave. Assim, por facilidades construtivas e conveniências de projeto, todas as saídas de pistas localizam-se entre 1800 m e 2000 m das cabeceiras das pistas.

5.2 Cálculo de Sobrelarguras

Para o cálculo das sobrelarguras foi utilizado o *Método arco e tangente para o traçado de sobrelarguras* da OACI.

O comprimento *datum* d de uma aeronave é definido pela distância entre o ponto que se localiza no eixo da pista sob a cabine do piloto até o eixo do trem de pouso principal, conforme mostra a Figura 5.1.

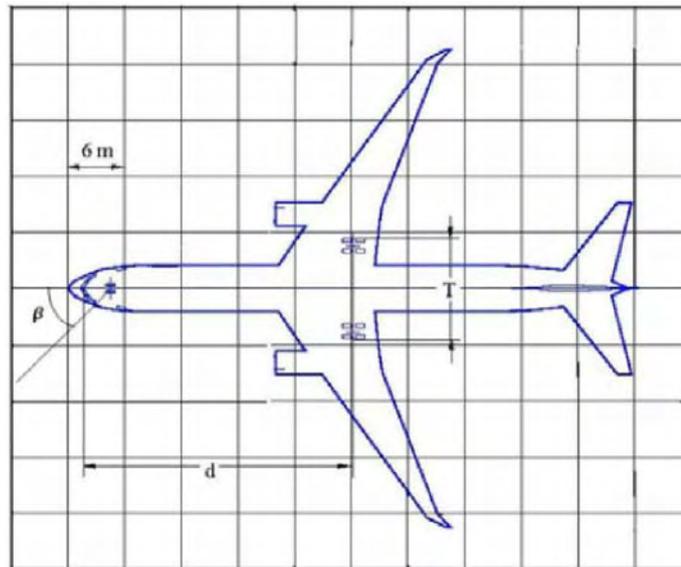


Figura 5.1: Valores de d e T para o B767-400ER.

A aeronave de projeto tem um comprimento *datum* $d = 29\text{m}$. A distância entre as bordas externas dos pneus externos do trem de pouso principal é $T = 10,9\text{m}$.

Supondo uma curva de raio $R = 80,0\text{ m}$, largura $X = 23,0\text{ m}$ e mudança de direção na pista de rolamento $D = 90^\circ$. O valor da margem de segurança recomendada pela OACI para a classificação 4D é de $M = 4,5\text{m}$. Utilizando o ábaco da Figura 5.2 obtém-se o valor de δ_{max} (máximo valor de desvio de trilho do trem de pouso principal), em porcentagem do comprimento d . Sabendo que $R/d = 39\text{m}/29\text{m} = 2,76$, obtém-se $\delta_{\text{max}} = 18\% \times d$, isto é, $\delta_{\text{max}} = 5,22\text{ m}$. O raio de sobrelargura é dado então pela equação:

$$r = R - (\delta_{\text{max}} + M + T/2).$$

Assim,

$$r = 39\text{m} - (2,76\text{ m} + 4,5\text{m} + 10,9\text{m}/2) = 64,83\text{ m}.$$

O valor do desvio residual do trem de pouso, alcançado no fim da curva é dado pela equação:

$$= X/2 - (M + T/2).$$

Logo,

$$= 23\text{m}/2 - (4,5\text{m} + 10,9\text{m}/2) = 1,55\text{m}.$$

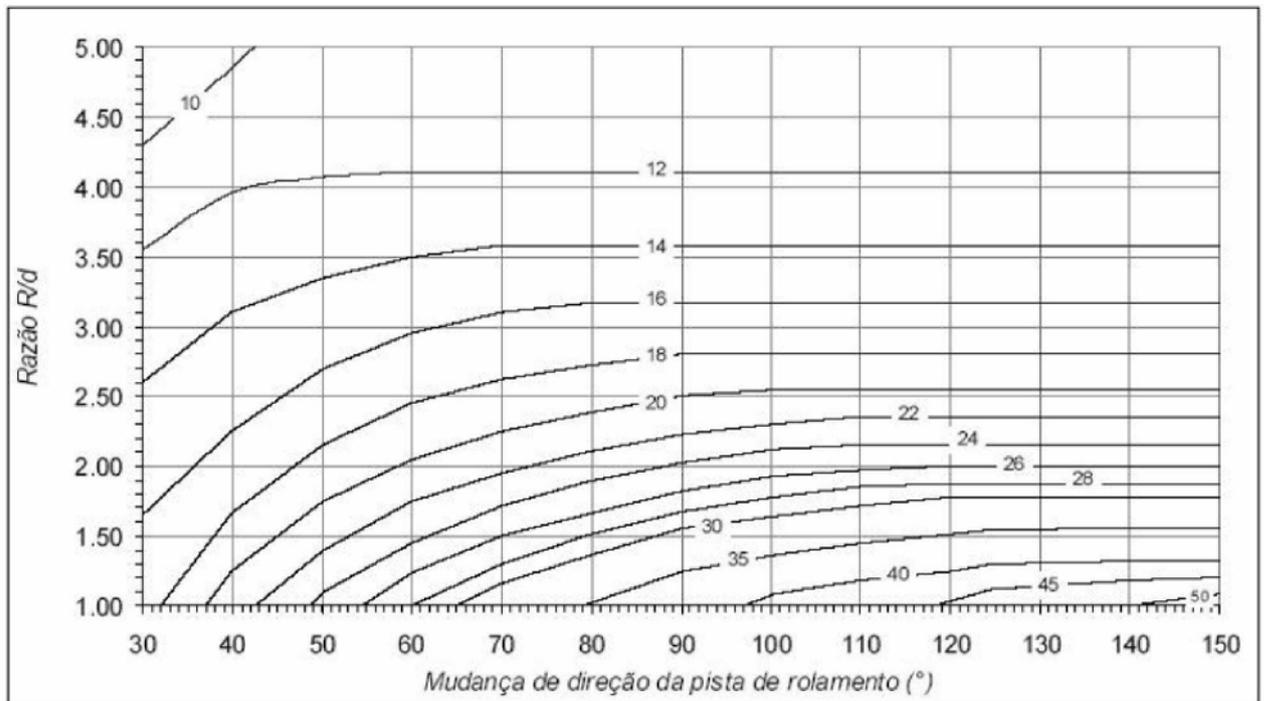


Figura 5.2: Ábaco para a determinação de δ_{\max} , desvio máximo do trem de pouso principal, em porcentagem do comprimento *datum*.

Utilizando o ábaco da Figura 5.3, obtém-se o valor do ângulo $\delta_{\max} = 2,5^\circ$, que representa o ângulo de esterçamento em função do máximo desvio do trem de pouso principal.

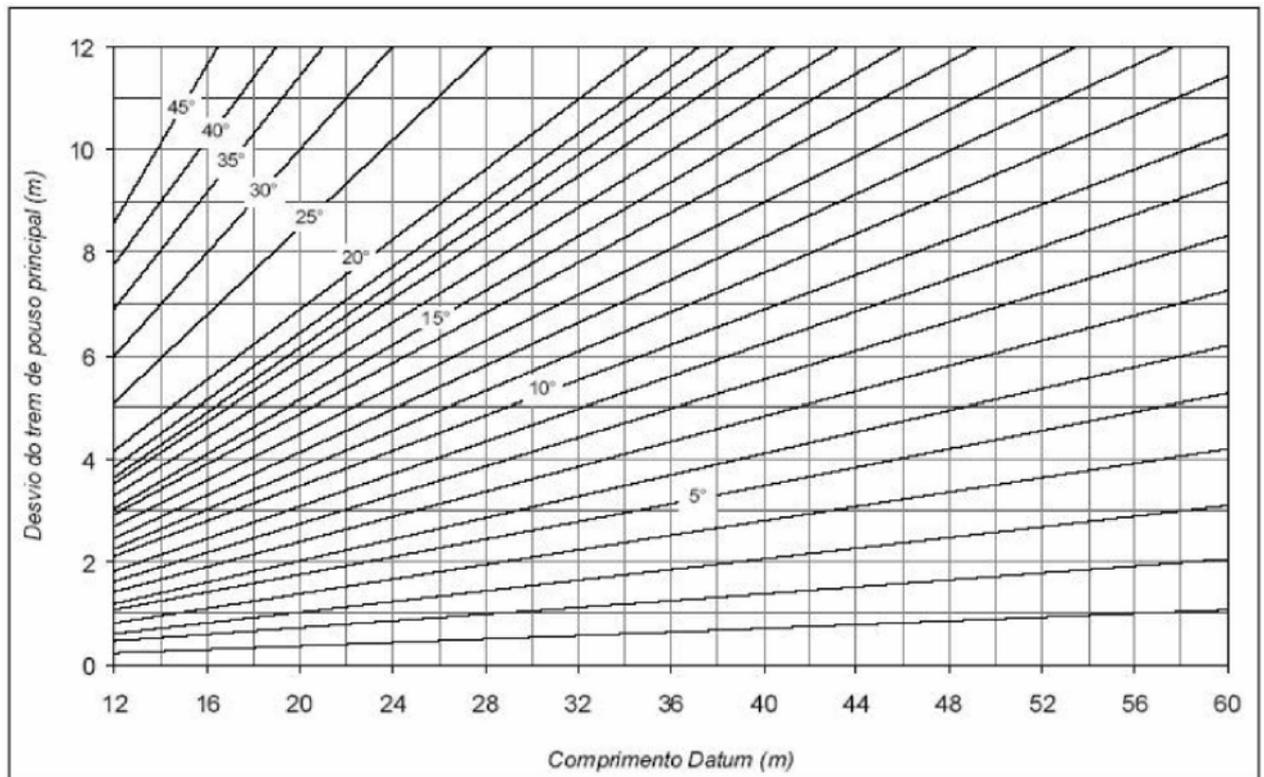


Figura 5.3: Ábaco para a determinação de b_{\max} .

Do ábaco da Figura 5.4, obtém-se o valor do ângulo de giro residual, $\theta = 21^\circ$, correspondente ao desvio residual δ .

Por fim, entrando com os valores de b_{\max} e θ no ábaco da Figura 5.5, obtém-se os valores das distâncias percorridas ao longo da linha de centro da pista de rolamento, L_1 e L_2 , respectivamente. Assim, como $\theta = 21^\circ$, $L_2 = 35,0$ m. Porém, este gráfico só é utilizado para ângulos maiores que 5° , ou seja, como $b_{\max} < 5^\circ$, L_1 deve ser obtido com auxílio da Tabela 5.2.

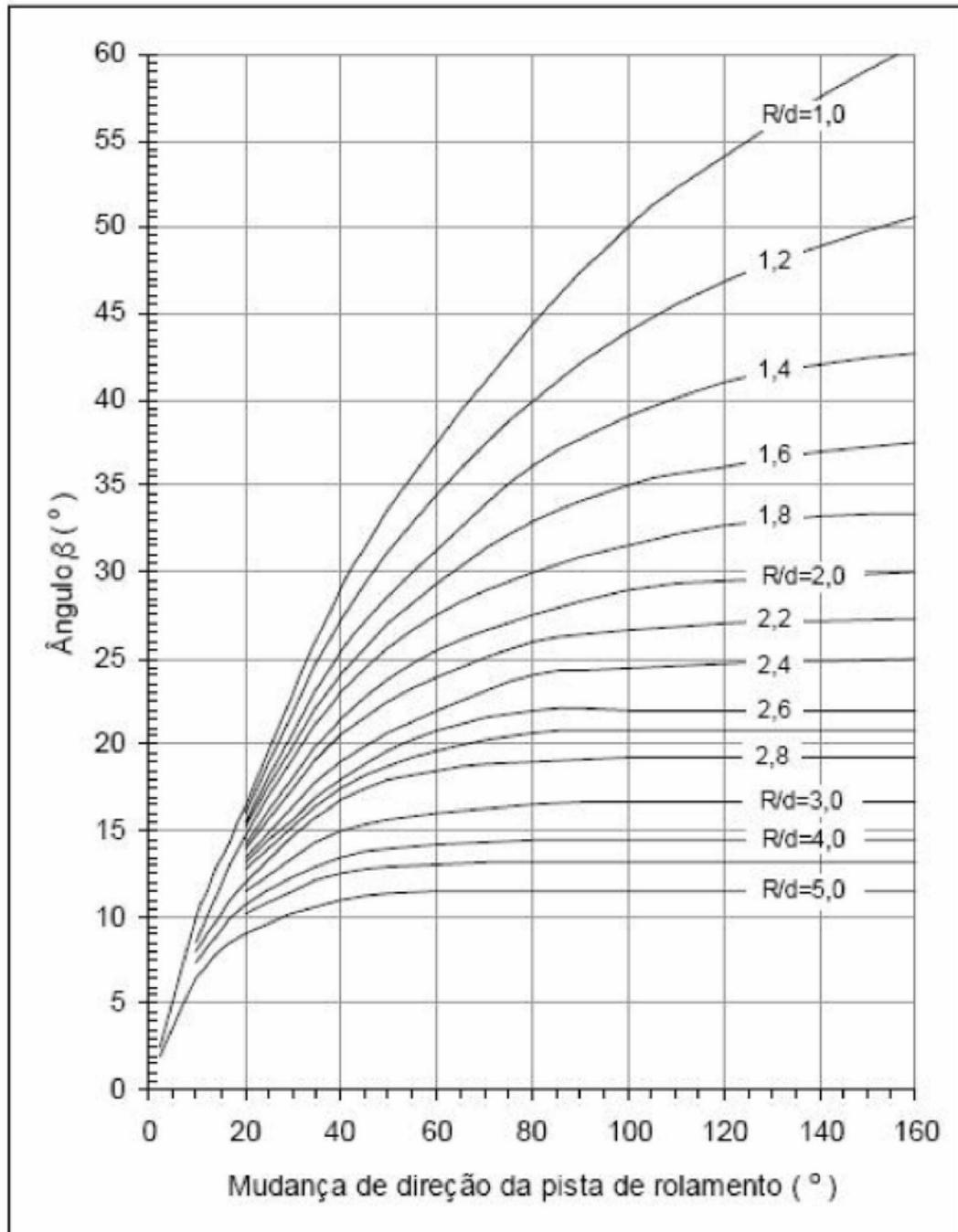


Figura 5.4: Ábaco para a determinação de β .

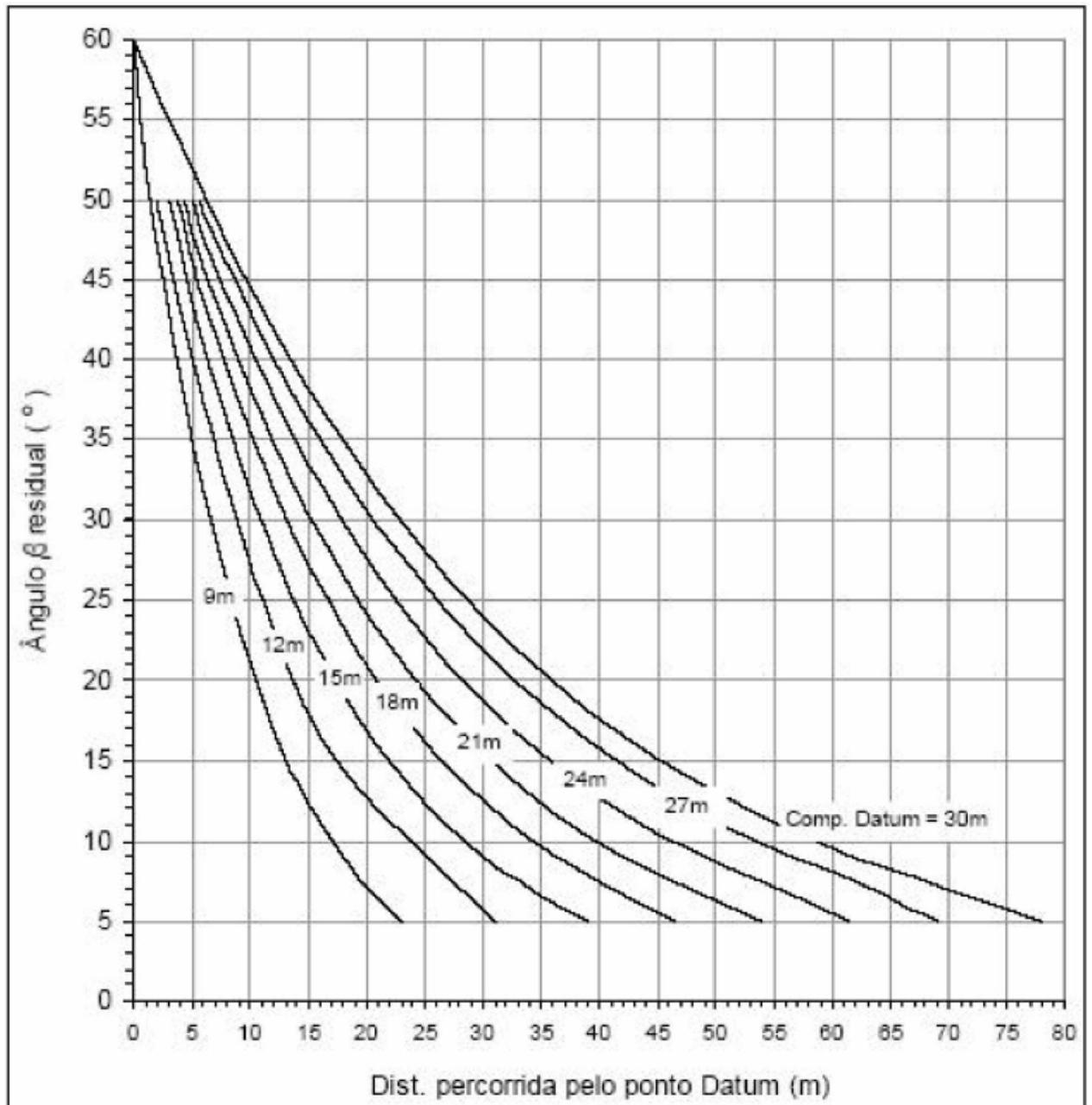


Figura 5.5: Ábaco para a determinação de L_1 e L_2 .

Tabela 5.3: Coeficiente a ser multiplicado pelo comprimento *datum* d , para resultar no ponto percorrido pelo ponto *datum*.

Ângulo β Residual ($^{\circ}$)	0°	1°	2°	3°	4°
. 0°	-	4,22	3,53	3,12	2,83
. 1°	6,55	4,12	3,48	3,09	2,80
. 2°	5,85	4,04	3,43	3,05	2,77
. 3°	5,44	3,96	3,39	3,02	2,75
. 4°	5,15	3,89	3,34	2,99	2,73
. 5°	4,93	3,82	3,30	2,96	2,71
. 6°	4,74	3,75	3,26	2,93	2,69
. 7°	4,59	3,69	3,23	2,91	2,67
. 8°	4,45	3,63	3,19	2,88	2,64
. 9°	4,33	3,58	3,15	2,85	2,62

Como $\beta_{\max} = 2,5^{\circ}$, então

$$L_1 = 3,30 \times d = 95,7 \text{ m.}$$

L_3 é definido como a distância necessária para o conjunto do trem de pouso reduzir do ângulo de esterçamento β_{\max} para o ângulo β . Assim,

$$L_3 = L_1 - L_2 = 95,7 \text{ m} - 35,0 \text{ m} = 60,70 \text{ m.}$$

A distância L , necessária para o conjunto do trem de pouso retornar ao centro de pista de rolamento será então a diferença entre o comprimento L_3 e o comprimento *datum*. Assim,

$$L = L_3 - d = 60,70 \text{ m} - 29,0 \text{ m} = 31,70 \text{ m.}$$

As demais curvas seguem este mesmo procedimento para a determinação da sobrelargura. O resultado pode ser visto na Tabela 5.4. Os valores de β , β_{\max} e L_1 foram suprimidos da tabela, pois são iguais para todas as curvas.

Tabela 5.4: Valores da sobrelargura calculados as curvas de projeto.

Curva	Raio (m)	D (°)	R/d	l (m)	r (m)	b (°)	L ₂ (m)	L ₃ (m)	L (m)
1	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
2	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
3	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
4	550.0	40.0	18.97	0.29	539.76	1.0	95.70	0.00	0.00
5	550.0	40.0	18.97	0.29	539.76	1.0	95.70	0.00	0.00
6	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
7	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
8	120.0	60.0	4.14	2.90	107.15	14.0	47.50	48.20	19.20
9	100.0	50.0	3.45	4.06	85.99	15.0	45.00	50.70	21.70
10	100.0	90.0	3.45	4.06	85.99	15.0	45.00	50.70	21.70
11	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	14.0	47.50	48.20	19.20
12	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	14.0	47.50	48.20	19.20
13	350.0	150.0	12.07	0.29	339.76	1.0	95.70	0.00	0.00
14	40.0	150.0	1.38	11.60	18.45	43.0	12.50	83.20	54.20
15	40.0	150.0	1.38	11.60	18.45	43.0	12.50	83.20	54.20
16	350.0	150.0	12.07	0.29	339.76	3.0	95.70	0.00	0.00
17	70.0	90.0	2.41	6.09	53.96	24.0	30.00	65.70	36.70
18	70.0	90.0	2.41	6.09	53.96	24.0	30.00	65.70	36.70
19	200.0	120.0	6.90	3.19	186.86	5.0	77.50	18.20	0.00
20	150.0	130.0	5.17	3.19	136.86	12.0	52.00	43.70	14.70
21	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
22	60.0	80.0	2.07	6.67	43.38	27.0	26.00	69.70	40.70
23	90.0	80.0	3.10	4.93	75.12	16.0	42.00	53.70	24.70
24	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
25	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70

26	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
27	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
28	60.0	70.0	2.07	6.38	43.67	26.0	27.50	68.20	39.20
29	90.0	70.0	3.10	4.79	75.27	16.0	44.00	51.70	22.70
30	120.0	90.0	4.14	3.48	106.57	14.0	46.00	49.70	20.70
31	120.0	90.0	4.14	3.48	106.57	14.0	46.00	49.70	20.70
32	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
33	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
34	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
35	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
36	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
37	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
38	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
39	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
40	70.0	90.0	2.41	6.09	53.96	24.0	30.00	65.70	36.70
41	90.0	90.0	3.10	4.93	75.12	16.0	44.00	51.70	22.70
42	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
43	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
44	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
45	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
46	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
47	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
48	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
49	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
50	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	60.70	31.70
51	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	61.70	32.70
52	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	62.70	33.70
53	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	63.70	34.70
54	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	64.70	35.70
55	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	65.70	36.70
56	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	66.70	37.70

57	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	67.70	38.70
58	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	68.70	39.70
59	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	69.70	40.70
60	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	70.70	41.70
61	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	71.70	42.70
62	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	72.70	43.70
63	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	73.70	44.70
64	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	74.70	45.70
65	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	75.70	46.70
66	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	76.70	47.70
67	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	77.70	48.70
68	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	78.70	49.70
69	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	79.70	50.70
70	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	80.70	51.70
71	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	81.70	52.70
72	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	82.70	53.70
73	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	82.70	53.70
74	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	82.70	53.70
75	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	82.70	53.70
76	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	82.70	53.70
77	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	82.70	53.70
78	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	82.70	53.70
79	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	82.70	53.70
80	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	82.70	53.70
81	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	82.70	53.70
82	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	82.70	53.70
83	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	82.70	53.70
84	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	82.70	53.70
85	300.0	150.0	10.34	0.29	289.76	2.0	90.70	27.00	0.00
86	100.0	150.0	3.45	4.35	85.70	15.0	45.00	72.70	43.70
87	70.0	90.0	2.41	5.80	54.25	24.0	30.00	87.70	58.70

88	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	21.0	35.00	82.70	53.70
89	120.0	90.0	4.14	3.48	106.57	15.0	45.00	72.70	43.70
90	100.0	90.0	3.45	4.06	85.99	16.0	49.00	68.70	39.70
91	350.0	60.0	12.07	3.19	336.86	3.0	88.00	29.70	0.70
92	40.0	60.0	1.38	8.12	21.93	36.0	19.00	98.70	69.70
93	40.0	60.0	1.38	8.12	21.93	36.0	19.00	98.70	69.70
94	350.0	60.0	12.07	3.19	336.86	3.0	88.00	29.70	0.70
95	120.0	90.0	4.14	3.48	106.57	15.0	45.00	72.70	43.70
96	100.0	90.0	3.45	4.35	85.70	16.0	44.00	73.70	44.70
97	80.0	90.0	2.76	5.22	64.83	20.0	36.00	81.70	52.70
98	120.0	70.0	4.14	3.48	106.57	14.0	46.00	71.70	42.70
99	100.0	70.0	3.45	4.21	85.85	16.0	44.00	73.70	44.70
100	550.0	40.0	18.97	0.29	539.76	1.0	95.70	22.00	0.00
101	550.0	40.0	18.97	0.29	539.76	1.0	95.70	22.00	0.00
102	120.0	90.0	4.14	3.48	106.57	14.0	46.00	71.70	42.70
103	100.0	90.0	3.45	4.06	85.99	17.0	42.00	75.70	46.70
104	120.0	50.0	4.14	3.48	106.57	13.0	50.00	67.70	38.70

5.3 Pátio de Aeronaves

Agrupam-se as aeronaves por tamanho e por categoria para a determinação do número de posições de parada. Definem-se a quantidade e as dimensões das posições de parada de acordo com as previsões de demanda das aeronaves.

A quantidade de posições de parada de uma classe de aeronaves é dada pela expressão:

$$NG = (V \times T)/U$$

Onde:

- NG: número de posições de parada;
- V: movimento máximo de aeronaves na hora pico;

- U: constante que varia entre 0,6 e 0,8;
- T: tempo médio de ocupação da posição.

A capacidade de recebimento de aeronaves do aeroporto é dada pelo valor mínimo da equação, considerando a utilização por aeronaves menores de posições destinadas às maiores, e, também, para cada caso, o tempo médio de ocupação:

$$T = \sum m_i \times t_i$$

Onde:

- m_i : porcentagem da aeronave tipo "i" no mix, para a hora pico;
- t_i : tempo médio de ocupação da aeronave tipo "i".

De acordo com *mix* de aeronaves da seção anterior e, supondo um tempo médio de ocupação de aeronaves na hora pico, pode-se calcular o número de posições de parada, como na Tabela 5.5.

Tabela 5.5: *Mix* de Aeronaves e Tempo Médio de Ocupação de posição

Tipo de Aeronaves	<i>Mix</i> %	Tempo Médio de Ocupação (min.)
Pequenas	2,4	20
Médias	8,5	25
Grandes	63,3	40
Muito Grandes	25,8	50

Assim:

$$T = (0,024 \times 20 + 0,085 \times 25 + 0,633 \times 40 + 0,258 \times 45) = 40.825 \text{ min}$$

Futuramente, é possível que o valor de T seja aumentado de 40 minutos para 45 minutos, conforme proposta da INFRAERO para aeroportos de grande porte apresentada à ANAC e ao Ministério da Defesa e publicada em 03 de Março de 2008 pela Agência Brasil.

Sendo $V = 100$, conforme capítulo anterior, obtém-se:

$$NG = (100 \times 40.825)/0,7 = 97.20$$

Ou seja, o número de posições de parada mínimo é 98 posições.

O comprimento e envergadura de determinadas aeronaves determinam a área total do pátio, o qual deve compatibilizar-se com a geometria do TPS e a disposição das vias de serviço.

As distâncias entre aeronaves paradas ou entre elas e elementos fixos, para a letra-código D, é, no mínimo, de 7,5 m. Estas podem ser reduzidas caso utilizem-se procedimentos *taxi-in/push-out*, entre o terminal e a posição de parada da aeronave.

As dimensões e áreas de estacionamento com saída rebocada estão na Tabela 5.6:

Tabela 5.6: Dimensões e áreas de estacionamento com saída rebocada

Grupo de Aeronaves	Saída Rebocada		Área
	Comprimento (m)	Largura (m)	(m ²)
Boeing 737	36,60	34,40	1.260
Boeing 747	73,70	65,70	4.845

Dessa forma, pela natureza da composição da frota usuária do aeroporto, o pátio será dimensionado, prioritariamente, conforme dimensões do Boeing 747. A área total do pátio, portanto, será de 474.810 m².

No caso de não ser possível dimensionar todas as posições de parada em frente ao terminal de passageiros ou nas pontes de embarque, o pátio pode prever áreas remotas para o estacionamento de aeronaves. Nas posições remotas as operações de embarque e desembarque de passageiros são normalmente feita com auxílio de ônibus para transportar os passageiros no trajeto entre a aeronave e o terminal.

Em determinados aeroportos, em função da característica da localidade, podem ser previstas áreas isoladas para o estacionamento de aeronaves. Elas têm a função de isolar do pátio aeronaves que apresentem problemas relacionados com saúde pública, ilegalidade ou terrorismo. Essas áreas devem ficar as mais afastadas possíveis e no mínimo a 100m de qualquer parada de estacionamento de aeronave.

5.4 Configuração do Terminal

Durante a fase de planejamento do aeroporto define-se a implantação das pistas de rolamento, que interligam pistas de pouso a pátios de estacionamento de aeronaves para o embarque e desembarque de passageiros e cargas. Nesta fase de planejamento, define-se também qual a configuração de pátio. Um aeroporto bem planejado dispõe pátios e pistas de rolamento de forma a proporcionar a menor percurso possível para a trajetória de aeronaves.

A escolha da configuração do terminal baseou-se na condição de operação simultânea das pistas de pouso/decolagem. De acordo com as normas da OACI, a separação entre as pistas de pouso/decolagem, para as condições de projeto, deve ser, no mínimo, de 1035 m.

Por limitações da área do sítio aeroportuário, definiu-se a localização do terminal aeroportuário, paralelamente, entre as pistas de pouso/decolagem. Dessa forma garante-se a condição de operacionalidade simultânea e minimiza-se a distância percorrida pelas aeronaves entre as pistas e os terminais, tanto dos aviões que chegam quanto dos que partem.

Fez-se uma pesquisa dos principais aeroportos do mundo que apresentassem características similares às condições do projeto, a fim de se estudar possíveis configurações de geometria de TPS. Escolheu-se como base para o *design* dos elementos geométricos aeroportuários, embora adaptado às condições e dimensões locais, o Aeroporto Internacional de Hong Kong, *Chep Lak Kok*, o qual ganhou diversos prêmios internacionais em variados quesitos. Teve-se como objetivo a funcionalidade do aeroporto, minimizar as distâncias caminhadas por passageiros e maximizar a superfície capaz de receber aeronaves, antecipando inclusive as necessidades das próximas

gerações de aeronaves muito grandes, como o A380. Uma visão artística do TPS pode ser observada na Figura 5.6:

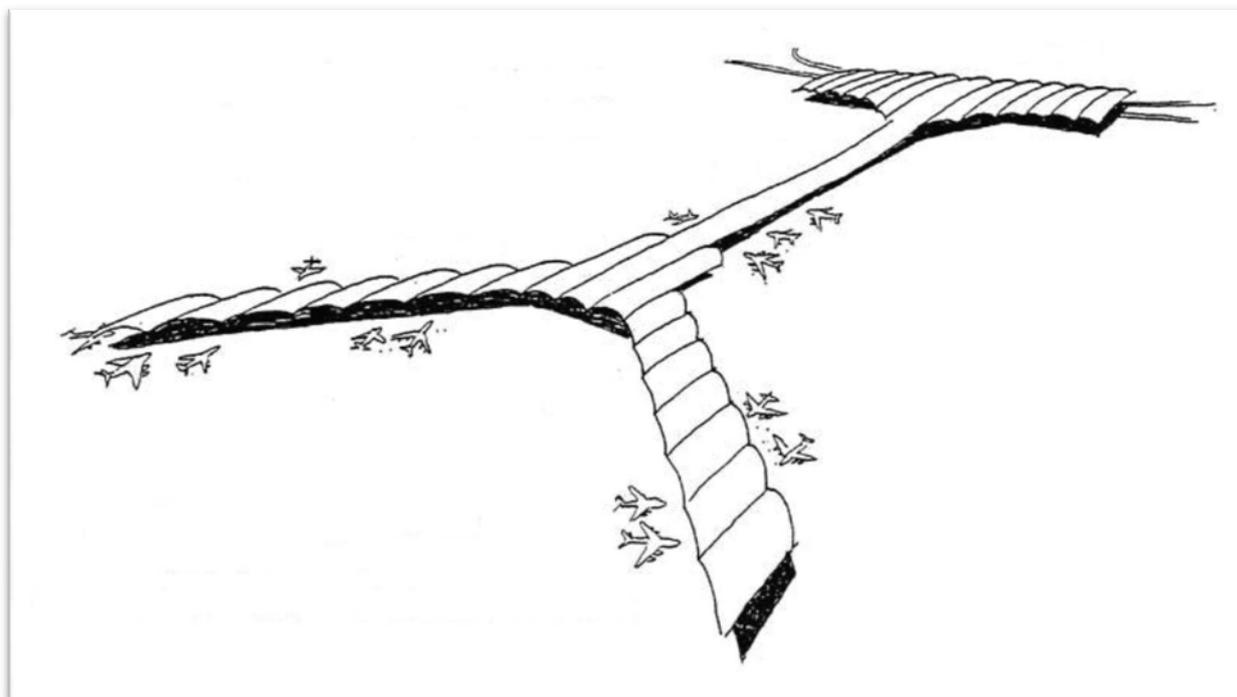


Figura 5.6: Visão artística do Terminal de Passageiros

Considerou-se, também, uma distribuição física híbrida do terminal para a formulação da geometria ótima. A estrutura principal é linear, facilitando o acesso interno desde o meio-fio. No entanto, a fim de maximizar o número de posições de parada, sem perder o controle das operações de voo, priorizou-se o uso de *fingers* ao longo da totalidade do terminal. Relativamente ao “V” final da estrutura do TPS, o conceito de satélite foi empregado, tendo em vista oferecer facilidade às manobras de aeronaves, à operacionalidade e ao tráfego de vôos de conexão. Foram, também, estabelecidas posições remotas com a finalidade de atender á demanda na hora-pico e reduzir o movimento de aeronaves nos pátios.

5.5 Sistema viário e Estacionamentos

A acessibilidade a um aeroporto é fundamental, pois ele caracterizar-se como elemento essencial no sistema de transportes. Deve-se garantir, portanto, a facilidade de acesso pelos passageiros ao aeroporto, por meio da disponibilização de diferentes modais de transporte.

Pode-se afirmar, de modo geral, que o sistema viário deve manter vias expressas para veículos automotores. Da mesma forma, é interessante reduzir o número de cruzamentos em nível, garantir áreas de frenagem e manobras próximas ao meio-fio de transbordo.

Como hipótese de projeto, considerou-se, também, o acesso ao TPS por meio do modal metroviário.

5.5.1 Meio-Fio

Para o dimensionamento do meio-fio foram empregados:

- Tempo de permanência: 1,5 minutos;
- Linha de ocupação: 6,0 metros

Foram traçadas 4 faixas de tráfego: a *curb off-loading lane*, prevista para a entrada e saída do passageiro no veículo parado, a *curb maneuvering lane*, para o veículo manobrar e estacionar, a *by pass/traffic lane* e a *through traffic*, conforme sugestão de Hart (1985).

5.5.2 Estacionamentos

Em grandes aeroportos é usual o emprego de vários sítios para uso como estacionamento. Os mais próximos aos terminais são os de alta-rotatividade com tarifas por hora; os mais afastados, que exigem o emprego de transporte de ligação, com tarifas diárias ou semanais podem ser utilizados pelos funcionários ou viajantes que pretendam se ausentar por longos períodos de tempo.

O número de boxes varia de 0,4 a 0,8 boxes para cada 1.000 passageiros anuais. O Manual da CECIA (IAC) sugere 25,6 m² por *box* para estacionamentos perpendiculares.

Tomando como hipótese uma demanda anual de passageiros igual àquela do Aeroporto Internacional de Guarulhos, de 17.000.000 de passageiros ao ano, seriam necessárias:

$$\text{Número de Boxes} = 17.000.000 * 0,6 = 10.200 \text{ Boxes}$$

A área total requerida para o estacionamento perpendicular seria de:

$$\text{Área do Estacionamento} = 10.2000 * 25,6 = 261.120 \text{ m}^2$$

Considerando-se a Zona de Proteção do Aeródromo, verifica-se que a área reservada para a edificação do prédio de estacionamentos encontra-se na Área Horizontal Interna, não influenciando nem a Área de Aproximação, tampouco a Área de Decolagem. Dessa forma, é possível a construção de estruturas de até 45 m, mais do que o suficiente para garantir os 3 andares que perfariam a quantidade necessária de vagas de veículos automotivos, uma vez que cada andar teria uma área de, aproximadamente, 53.000 m².

5.6 Acesso ao Aeroporto

A definição do traçado das vias de acesso aos terminais foi baseada na topografia da região, nas condições geológicas e geotécnicas do terreno, na hidrologia e a hidrografia da região e na presença de benfeitorias ao longo da faixa de domínio da estrada. Regiões topograficamente desfavoráveis geralmente acarretam grandes movimentos de terra, elevando substancialmente os custos de construção.

5.6.1 Considerações Iniciais

Um dos principais aspectos a considerar no dimensionamento de uma via expressa é o aspecto operacional, o qual depende, basicamente, da demanda de tráfego, ou seja, o seu volume de tráfego. Assim, é possível estabelecer a classe de projeto e o adequado dimensionamento de todos os seus elementos.

Para a determinação do volume de tráfego, consideraram aspectos de variações de volume sazonais, tipos de tráfego, capacidade de escoamento de tráfego, composição do tráfego e garantia de, pelo menos, um nível de serviço “B”, caracterizado por fluxo estável, com velocidades de operação restringidas por condições de tráfego, garantindo razoável liberdade de escolha da velocidade e condições de ultrapassagem aos motoristas.

A importância e a função da rodovia constituem elementos para seu enquadramento em determinada classe de projeto. O acesso do projeto foi considerado como Classe IB, caracterizadas por rodovias de alto padrão, suportando volumes de tráfego com *Volume Médio Horário* (VMH) > 200 veículos. O número total de faixas será função dos volumes de tráfego previstos para o ano-horizonte de projeto. Como condições de projeto, utilizaremos 2 faixas de pista, exceto no meio-fio, quando serão 4 faixas, pelos motivos explicitados anteriormente.

De forma geral, as condições físicas das vias de acesso são:

- Largura da faixa de tráfego maior ou igual a 3,60 metros;
- Existência de acostamento que tenha uma distância lateral livre de 1,80 m, sem qualquer obstáculo que reduza a visibilidade;
- Existência de canteiro central (separador);
- Altura livre mínima sobre a via de 4,50 m (gabarito vertical);
- Existência de faixas especiais de aceleração, desaceleração e de retorno nos cruzamentos;
- Pavimento em boas condições de uso;
- Rampa máxima de 2%;
- Existência de distância de visibilidade igual ou superior a 450 m.

5.6.2 Projeto Geométrico

Segundo as normas técnicas, as características técnicas das estradas são estabelecidas em função da Classe da Estrada e da Região onde ela será construída. A região de projeto foi classificada como plana, ou seja, apresenta declividades de até 8%.

A *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) define velocidade de projeto (ou velocidade diretriz) como a máxima velocidade que um veículo pode manter, em determinado trecho, em condições normais, com segurança. A velocidade de projeto é selecionada para fins de projeto da via e condiciona suas principais características, como raios de curvatura, superelevação e distâncias de visibilidade, das quais depende a operação segura e confortável dos veículos. A velocidade de projeto de um determinado trecho de estrada deve ser coerente com a topografia da região e a classe da rodovia.

Para uma via de classe de projeto IB em região plana, a *velocidade de projeto* é de 100 km/h.

As características físicas e operacionais dos veículos de projeto condicionam diversos aspectos do dimensionamento geométrico de uma via, como a largura da pista de rolamento, dos acostamentos e dos ramos de interseções. A distância entre eixos influi no cálculo da *superlargura* e na determinação dos Raios Mínimos internos e externos das pistas dos ramos das interseções. O comprimento total do veículo influencia a largura dos canteiros, a extensão das faixas de espera. A altura admissível para os veículos influi no gabarito vertical.

Pela expectativa de grande tráfego automotivo, o veículo de projeto selecionado foi do tipo comercial rígido (CO), composto de unidade tratora simples. Essa classificação abrange caminhões e ônibus convencionais, normalmente de 2 eixos e 6 rodas.

A Tabela 5.7 resume as principais dimensões básicas dos veículos de projeto recomendados para utilização nos projetos geométricos de rodovias no Brasil.

Tabela 5.7: Dimensões básicas dos veículos de projeto (m)

Característica do Veículo	Veículo de Projeto			
	VP	CO	O	SR
Largura Total	2.1	2.6	2.6	2.6
Comprimento Total	5.8	9.1	12.2	16.8
Raio mínimo descrito pela roda externa dianteira	7.3	12.8	12.8	13.7
Raio mínimo descrito pela a roda externa traseira	4.7	8.7	7.1	6.0

Onde VP são veículos de passeio leves, SR, veículos comerciais articulados e, O, veículos comerciais rígidos de maiores dimensões que o veículo CO básico.

As dimensões básicas do veículo de projeto estão representadas graficamente na Figura 5.7.

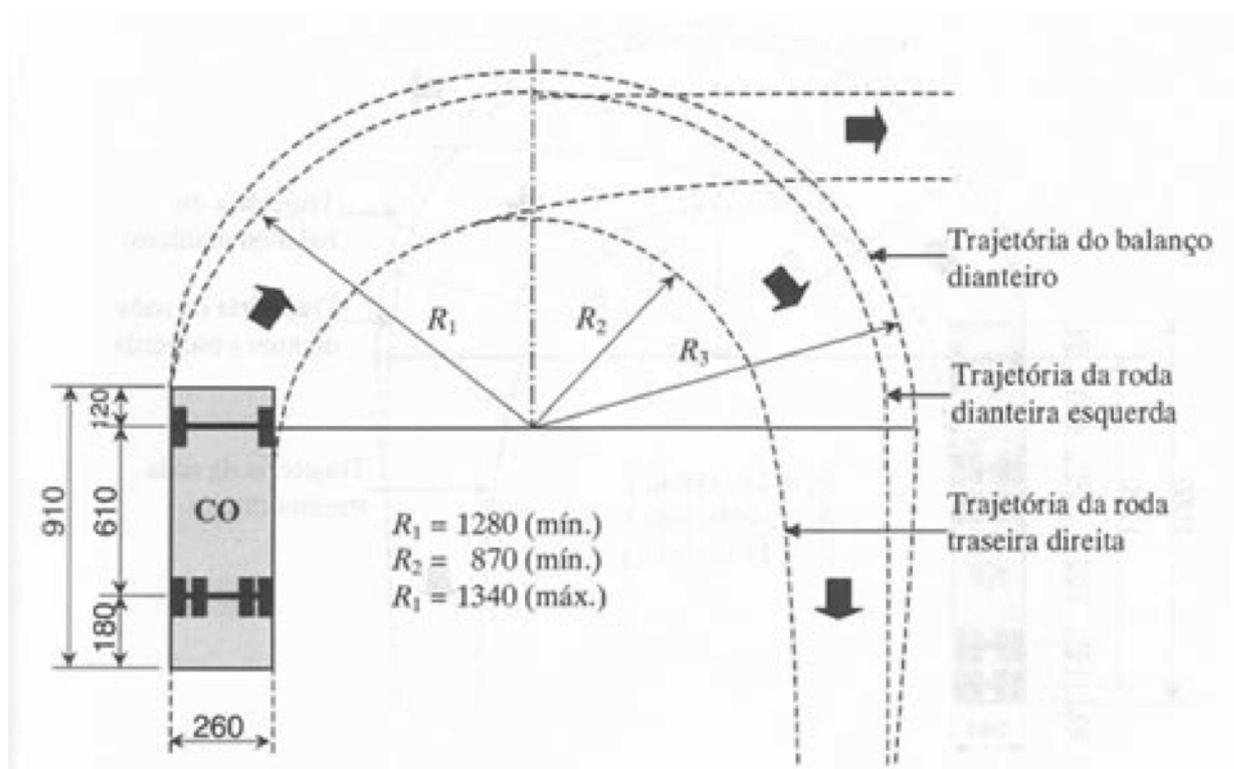


Figura 5.7: Dimensões do veículo de projeto CO (cm)

Faixas de Tráfego, ou Faixa de Rolamento, é o espaço dimensionado e destinado à passagem de um veículo por vez. A largura das faixas de rolamento é obtida adicionando-se à largura do veículo de projeto a largura de uma faixa de segurança, função da velocidade de projeto e do nível de conforto de viagem que se deseja proporcionar. O valor básico recomendado para a largura de uma faixa de rolamento pavimentada em tangente para uma via de classe de projeto IB em terreno plano é de 3,60 m.

Pista de Rolamento é o espaço correspondente ao conjunto das faixas de tráfego contíguas.

Acostamento ou, Faixa Lateral, é o espaço adjacente às faixas de tráfego que é destinado à parada emergencial de veículos, não sendo em geral dimensionado para suportar o trânsito de veículos. A largura dos acostamentos externos, para as condições de projeto, é de 3,0 m.

A *distância de parada* (D_p) é a distância mínima necessária para que um veículo que percorre uma estrada possa parar antes de atingir um obstáculo na sua trajetória. É composta por uma parcela relativa à distância percorrida pelo veículo no intervalo de tempo entre o instante em que o motorista vê o obstáculo e o instante em que inicia a frenagem (D_1) e outra relativa à distância percorrida pelo veículo durante a frenagem (D_2). A AASHTO, baseada em várias experiências, aconselha o uso do valor de 1,5 segundos como tempo de percepção. Adicionando-se a esse valor o tempo necessário à reação de frenagem (1,0 s), teremos o tempo total de percepção e reação igual a $t = 2,5$ s. Assim, D_p é definido como:

$$D_p = 0,7 \times V + V^2/(255 \times (f + i))$$

Onde:

- i : greide, em m/m;
- V : velocidade de projeto, em km/h;
- f : coeficiente de atrito longitudinal pneu/pavimento.

Medidas experimentais mostram que o valor de f não é o mesmo para qualquer velocidade. Além disso, esse coeficiente varia com o tipo, pressão e condições dos pneus do veículo, tipo e estado da superfície do pavimento, e especialmente, se o pavimento está seco ou molhado. Os

coeficientes de atrito longitudinal pneu/pavimento, considerando $V_{\text{média}}$, são apresentados na Tabela 5.8.

Tabela 5.8: Coeficiente de atrito longitudinal pneu/pavimento, considerando $V_{\text{média}}$

$V_{\text{média}}$ (km/h)	30	38	46	54	62	71	79	86	98
f	0.40	0.38	0.36	0.34	0.32	0.31	0.30	0.30	0.28

Em todos os cálculos envolvendo a distância de visibilidade de parada (D_p), recomenda-se adotar 1,10 metros como a altura dos olhos do motorista em relação ao plano da pista e 0,15 metros como a menor altura de um obstáculo que o obrigue a parar.

Dessa forma, a distância de parada de projeto é, aproximadamente, $D_p = 210$ m.

Todas as curvas da via expressa foram concebidas de modo a não necessitarem de superelevação. Quando um veículo passa de um alinhamento reto para um trecho curvo, surge uma força centrífuga atuando sobre o mesmo, que tende a desviá-lo da trajetória que normalmente deveria percorrer. Este fato representa um perigo e desconforto para o usuário da estrada. Deseja-se limitar a ação desta força sobre o veículo, para que sua intensidade não ultrapasse um determinado valor.

Por meio da utilização de uma curva de transição intercalada entre o alinhamento reto e uma curva circular, logra-se concluir uma trajetória suave. Esta transição é realizada com o fim de distribuir gradativamente o incremento da aceleração centrífuga. Esta curva de transição tem o seu raio de curvatura passando gradativamente do valor infinito no ponto de contato com a tangente ao valor do raio da curva circular. Este ponto de encontro das duas curvas, com o mesmo raio, é conhecido como ponto osculador.

Para fins de projetos rodoviários convencionais, o DNER recomenda o critério associado à velocidade diretriz resumido pelos valores constantes da Tabela 5.9.

Tabela 5.9: Valores-limite dos raios R acima dos quais são dispensadas curvas de transição

V _{média} (km/h)	30	40	50	60	70	80	90	100
R (m)	170	300	500	700	950	1200	1550	1900

Como curvas de transição serão utilizadas a curva clotóide, de equação $R \times L = K^2$, onde:

- L: comprimento do arco;
- R: raio de curvatura no extremo do referido arco;
- K: é o parâmetro da espiral.

O menor comprimento de transição admissível (L_{emin}) é de 30 m ou o equivalente à distância percorrida por um veículo na velocidade diretriz no tempo de 2 segundos, prevalecendo o maior. Como comprimento máximo de transição (L_{emax}), pela definição de correspondência de valor nulo de desenvolvimento do trecho circular, tem-se que $L_{\text{emax}} = R_c \times AC$, onde R_c é o raio do trecho circular e AC é o ângulo de deflexão das tangentes, em radianos.

6 Conclusões

A configuração geométrica final do novo aeroporto metropolitano de São Paulo, sob as condições e hipóteses de projeto expressas neste trabalho, pode ser observada no Anexo A. A intenção deste trabalho é servir apoio à decisão de construção de um novo aeroporto na região do Sítio de Santo Ângelo.

É importante ressaltar que a construção de um aeroporto envolve questões que vão além do canteiro de obras. Será necessária a desapropriação da área de realização do empreendimento, o que, geralmente, apresenta alto custo político e social; a obtenção de licenças ambientais, que, muitas vezes, é lenta. As obras de infra-estrutura, a construção de novos terminais de carga e passageiros e a construção das linhas metroviárias/ferroviárias ligando o aeroporto ao centro urbano paulista apresentam elevado custo, o que poderia ser arcado, em parte, pela iniciativa privada, em regime de concessão, por exemplo.

6.1 Sugestões de continuidade do trabalho

Com a finalidade de compor um projeto completo de Infra-Estrutura Aeronáutica, deve-se, ainda, incluir elementos estruturais de drenagem, especificações técnicas, notas de serviço, entre outros, os quais não foram abordados neste trabalho.

Alternativas de geometria dos lados aéreo e terrestre que busquem configurações que satisfaçam outras hipóteses de projeto são possíveis. Neste trabalho, foram estabelecidas condições de operação análogas à do Aeroporto Internacional de Guarulhos e, desse modo, foi proposta uma solução que as otimizasse. Uma previsão de receita e lucros para cenários de operação e configuração diferenciados poderia servir como critério de decisão entre alternativas de *design* e *layout* de projeto geométrico.

Por fim, poderia ser desenvolvido um estudo detalhado para o conhecimento da demanda provável de um novo aeroporto de grande porte na área metropolitana de São Paulo, a fim de as variáveis de projeto e, conseqüentemente, o projeto geométrico, serem mais bem estabelecidos.

7 Bibliografia

- [1] ABNT. Sinalização horizontal de pistas e pátios em aeroportos. Rio de Janeiro, 1989. 23p. (NBR 10855)
- [2] BRASIL. MAER. Portaria Nº 1.1141/GM5, de 08 de dezembro de 1987. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, v. 125, n. 233, p. 21190-98, 09 Dez. 1987. Seção 1.
- [3] BRASIL. Ministério da Aeronáutica. Comando Geral de Apoio. Diretoria de Engenharia da Aeronáutica. Norma de Infra-Estrutura [Rio de Janeiro]: [s.n.], 1979. (NSMA 85-2)
- [4] ICAO. Aerodrome Design Manual. 2nd. Ed. [Montreal], 1991. 5v. V.1: Runways. (Doc 9157-AN/901)
- [5] ICAO. Aerodrome Design Manual. 2nd. Ed. [Montreal], 1991. 5v. V.2: Taxiways. (Doc 9157-AN/901)
- [6] FRANCO, FILIPE AUGUSTO C. DE PROENÇA. Projeto de Terraplenagem. DIRENG, Rio de Janeiro, Brasil, 2001.
- [7] LEE, SHU HAN. Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias. UFSC, Florianópolis, Brasil, 2000.
- [8] PONTES FILHO, GLAUCO. Estrada de Rodagem: Projeto Geométrico. São Carlos, Brasil, 1998.
- [9] Müller, C., Alves, C. J. P., Fortes, C. N. B.. Planejamento de Aeroportos, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 1990.
- [10] Horonjeff, R. & Mckelvey, F. X., (1993), Planning and Design of Airports, 4th. Edition, New York, McGraw-Hill.

[11] ITA. Estudo de Alternativas para Localização do Aeroporto Metropolitano de São Paulo. São José dos Campos, 2007.

[12] IAC. Manual de Implementação de Aeroportos. Rio de Janeiro, 2004.

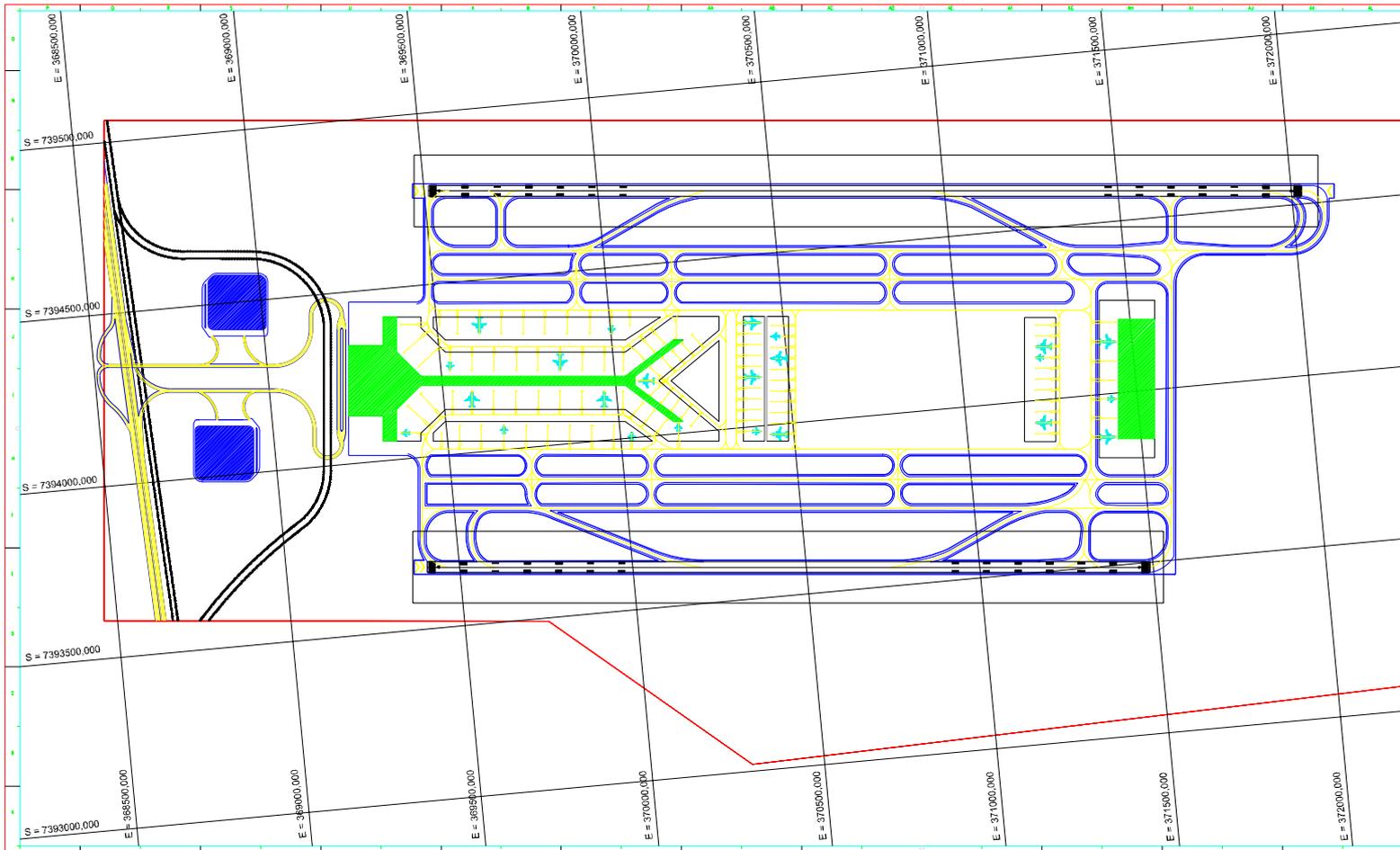
[13] IAC. Anuário de dados estatísticos de 2005. Rio de Janeiro, 2005.

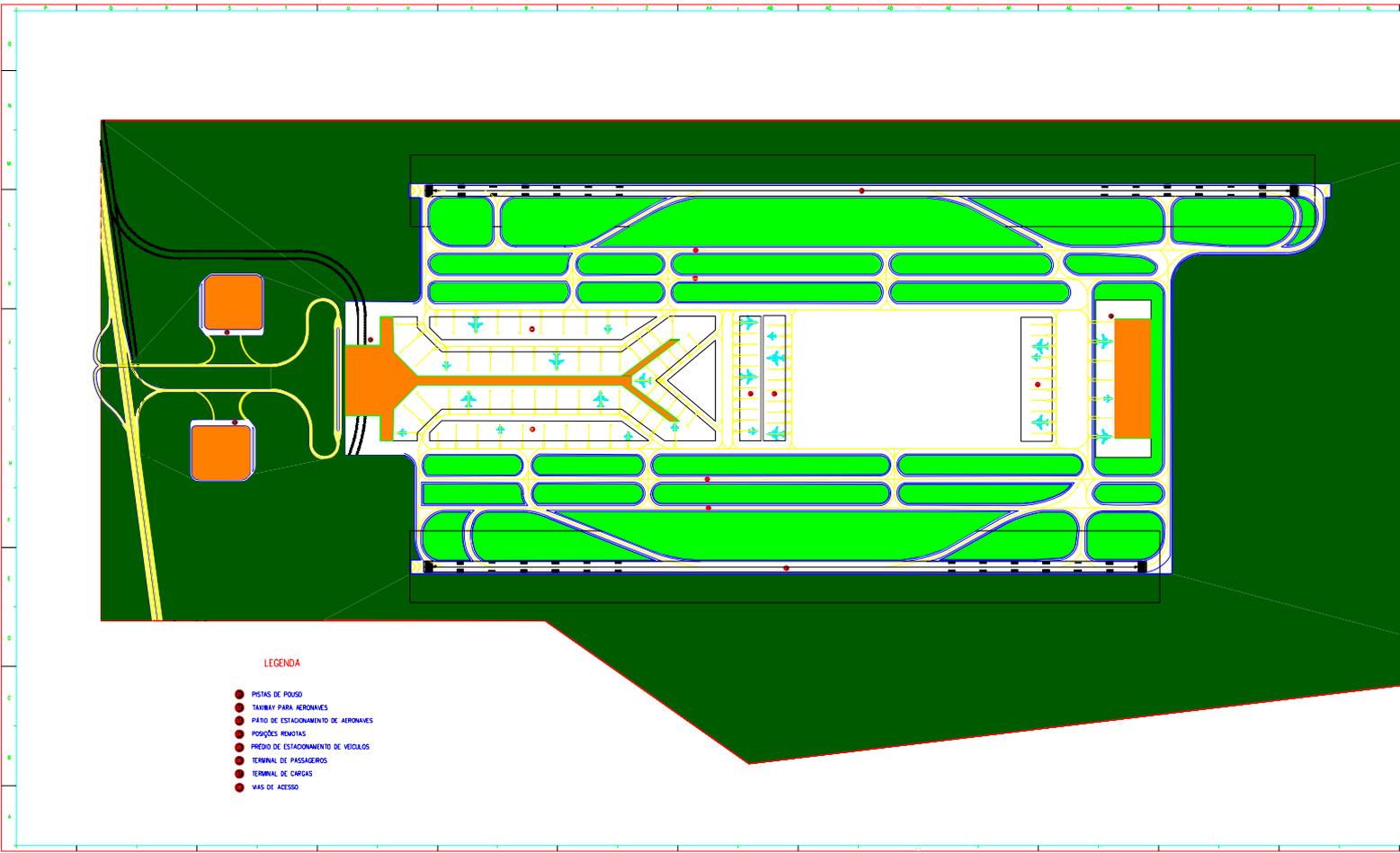
[13] ANAC. Anuário de dados estatísticos de 2007. Brasília, 2007.

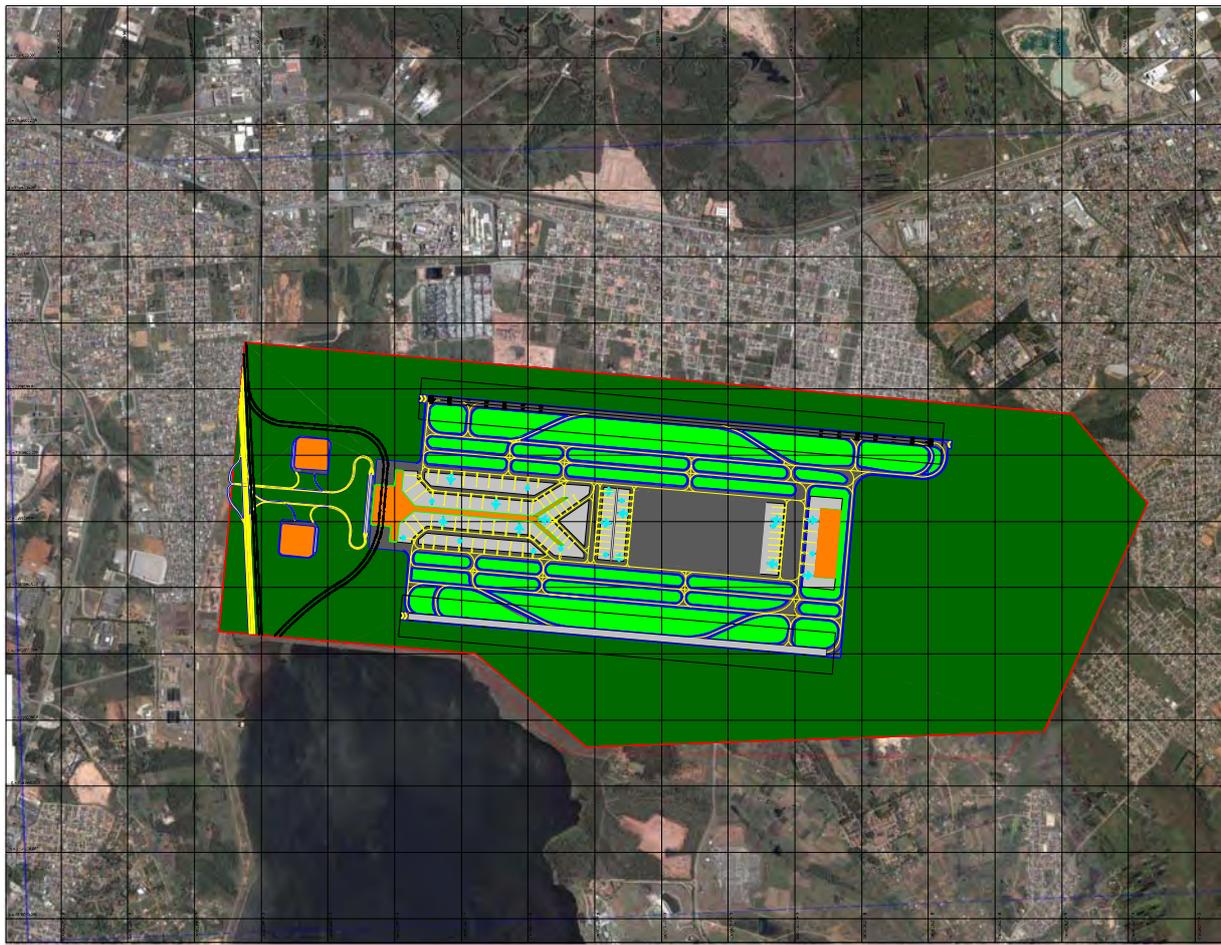
[14] INFRAERO. Anuário de dados estatísticos de 2007. Brasil, 2007.

[15] DAC. Manual da Comissão de Estudos e Coordenadoria de Infra-Estrutura Aeronáutica (CECIA). Brasil, 2003.









[Academic use only]

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 22 de outubro de 2008	3. REGISTRO N° CTA/ITA/TC-008/2008	4. N° DE PÁGINAS 71
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Projeto Geométrico de um Aeroporto Metropolitano para São Paulo			
6. AUTOR(ES): João Paulo Alcântara Motta Ferreira			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Projeto Geométrico Aeroporto São Paulo Microstation Imagem Satélite Alta Resolução			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Planejamento de aeroportos; São Paulo (Estado); Infra-estrutura (transportes); Pistas (de pouso e decolagem); Engenharia civil; Engenharia aeroportuária			
10. APRESENTAÇÃO: <div style="text-align: right; margin-right: 100px;">X Nacional Internacional</div> ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientadores: Cap. Eng. Ronaldo Gonçalves de Carvalho; Prof. Dr. Cláudio Jorge Pinto Alves. Publicado em 2008.			
11. RESUMO: O presente Trabalho de Graduação apresenta diretrizes e normas aplicadas a uma proposta de projeto geométrico para um aeroporto na região metropolitana de São Paulo, na cidade de Mogi das Cruzes. Cálculos de movimentação de terra, bem como justificativas de <i>layouts</i> , não foram considerados. A escolha do sítio para a execução do empreendimento foi pautada em conclusões de estudo realizado pelo ITA, intitulado " <i>Estudo de Alternativas para Localização do Aeroporto Metropolitano de São Paulo</i> ". Além disso, utilizou-se, como ferramenta auxiliar, o programa computacional <i>Bentley Microstation</i> para o <i>desing</i> da infra-estrutura aeroportuária. As imagens de satélite de alta resolução do local foram fornecidas, em caráter acadêmico, pela empresa IMAGEM. Apresenta-se, ainda, o cálculo de todas as variáveis de projeto e das sobrelarguras necessárias para as operações seguras de aeronaves de projeto nas pistas de rolamento.			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			