EVANDRO JOSÉ DA SILVA

**ANÁLISE DOS *PADRÕES* E RECOMENDAÇÕES DA ICAO E DA FAA
PARA O PROJETO GEOMÉTRICO DE AERÓDROMOS**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para a obtenção do título de Mestre em
Engenharia.

São Paulo,
2012

EVANDRO JOSÉ DA SILVA

**ANÁLISE DOS *PADRÕES* E RECOMENDAÇÕES DA ICAO E DA FAA
PARA O PROJETO GEOMÉTRICO DE AERÓDROMOS**

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo
para a obtenção do título de Mestre em
Engenharia.

Área de Concentração:
Engenharia de Transportes

Orientador:
Prof. Dr. Nicolau Dionísio Fares Gualda

São Paulo,
2012

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, de abril de 2012.

Assinatura do autor _____

Assinatura do orientador _____

Silva, Evandro José da

**Análise dos padrões e recomendações da ICAO e da FAA
para o projeto geométrico de aeródromos / E.J. da Silva. -- ed.
rev. -- São Paulo, 2012.
254 p.**

**Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade
de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes.**

**1. Aeroportos (Planejamento; Projeto) 2. Terminais de trans-
portes 3. Normas técnicas I. Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. Departamento de Engenharia de Transportes II. t.**

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Prof. Dr. Nicolau Dionísio Fares Gualda, pelos ensinamentos, discussões e apoio.

Aos professores da banca examinadora, Prof. Dr. Cláudio Jorge Pinto Alves e Prof. Dr. Carlos Müller, pelo interesse em participar da banca e pelas sugestões.

Aos professores do Departamento de Engenharia de Transportes da EPUSP, pela confiança depositada e pelos ensinamentos.

Aos professores e amigos da UNISC, pelas atividades de pesquisa durante a graduação.

Aos colegas do LPT e do curso, especialmente Auro, Daniel, Medau, Jorge, Renato e Wagner.

Aos amigos que encontrei em São Paulo, pelas horas descontraídas e pelas boas conversas, em especial, Ariadne, Carlos, Fabiano, Henrique e Paula, Inaê, Jaime e Adriana, Jansen e Cecília, Renan e Eliana, Thayne, Tiago e Walter.

Aos meus pais, Cláudio e Marlise, à minha irmã Deise, e a toda a minha família, pelo estímulo e incondicional apoio.

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

E ainda, aos que eu tenha, por desatenção, esquecido de mencionar.

RESUMO

Esta pesquisa de mestrado aborda o projeto geométrico de aeródromos a partir dos *padrões e recomendações* da ICAO (*International Civil Aviation Organization*) e da FAA (*Federal Aviation Administration*). Os *padrões e recomendações* da ICAO foram extraídos do documento *Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation* e de documentos por ele referenciados. Para o caso da FAA, serviu de base o documento *Airport Design: Advisory Circular 150/5300-13*, incluindo-se aqueles nele referenciados e considerados pertinentes ao escopo do estudo. Seguindo-se uma estrutura de *critérios de projeto* proposta, os *padrões e recomendações* da ICAO e da FAA são comparados entre si, explicitando-se as diferenças nas especificações em si e também na forma como estas especificações são feitas por cada norma. Para o caso em que comparações diretas não são possíveis, as comparações são feitas a partir de um conjunto de aeronaves com características conhecidas. No caso dos critérios cuja avaliação é mais complexa, equacionamentos matemáticos são propostos. Apresenta-se também uma série de flexibilizações dos *padrões*, as quais são voltadas à acomodação das aeronaves A380-800 e B747-8 em aeroportos existentes. Estas flexibilizações provêm das conclusões do A380 *Airport Compatibility Group* (AACG) e do Boeing 747-8 *Airport Compatibility Group* (BACG), no caso dos *padrões* da ICAO. Para as flexibilizações dos *padrões* da FAA, servem de base os *Engineering Briefs* (EBs) por ela emitidos. Finalmente, com base nos *critérios de projeto* considerados, é feita uma análise do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos quanto à operação das aeronaves A380-800 e B747-8.

Palavras-Chave: Projeto de aeródromos. ICAO. FAA. Aeroportos.

ABSTRACT

This Master Thesis tackles aerodrome geometric design according to the *standards* and *recommended practices* from the ICAO (International Civil Aviation Organization) and the FAA (Federal Aviation Administration). ICAO *standards* and *recommended practices* are from the document *Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation* and from the referred documents. In turn, FAA documents herein addressed are the *Airport Design: Advisory Circular 150/5300-13* and others referred in this one. By following a proposed design criteria framework, ICAO and FAA *standards* and *recommended practices* are compared. From such comparison, it is shown the differences in specifications itself and also in the way by which ICAO and FAA specify their *standards*. For the cases where direct comparisons are not possible, it is used a set of aircrafts of known characteristics. For the most complex design criteria, mathematical equations are also proposed. Another addressed issue is the flexibilization of design *standards*, which aims the accommodation of A380-800 and B747-8 aircrafts at existing airports. The ICAO flexibilizations are made from conclusions of the A380 *Airport Compatibility Group* (AACG) and the Boeing 747-8 *Airport Compatibility Group* (BACG). FAA flexibilizations are from this same agency, namely through EBs (Engineering Briefs). Lastly, the addressed design criteria are applied to analyse the operation of A380-800 and B747-8 aircrafts at São Paulo/Guarulhos International Airport.

Keywords: Aerodrome Design. ICAO. FAA. Airports.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.3-1 – Exemplo de uma PTSR.....	49
Figura 4.3-2 – Geometria <i>padrão</i> da ICAO para uma PTSR que serve aos <i>grupos dinâmicos 1 e 2</i>	49
Figura 4.3-3 – Geometria <i>padrão</i> da ICAO para uma PTSR que serve aos <i>grupos dinâmicos 3 e 4</i>	50
Figura 4.3-4 – Geometria <i>padrão</i> da FAA para uma PTSR.....	50
Figura 4.3-5 – Relação entre o raio de saída de uma PTSR e a velocidade de <i>turn-off</i>	52
Figura 4.4-1 – Distâncias declaradas.	59
Figura 4.5-1 – Geometria para análise da trajetória de aeronaves em curvas.....	62
Figura 4.5-2 – Método gráfico para desenho de sobrelarguras.....	66
Figura 4.5-3 – <i>Método arco e tangente</i> para desenho de sobrelarguras.....	66
Figura 4.6-1– Recomendações para separação entre uma RW e uma TW.....	72
Figura 4.6-2 – Rotas de táxi em um aeródromo.....	74
Figura 4.6-3 – Separações FAA para as posições de estacionamento.....	78
Figura 4.6-4 – BPRWs e BPs.	80
Figura 4.7-1 – Esquema das áreas de proteção da RW.	86
Figura 4.7-2 – Proposta de divisão da faixa da RW em três áreas.	87
Figura 4.7-3 – <i>Área preparada da faixa da RW</i> para os <i>grupos dinâmicos 3 e 4</i> operando em <i>pistas de aproximação de precisão</i>	89
Figura 4.7-4– Geometria da RPZ.	95
Figura 4.7-5 – <i>Referencial</i> longitudinal para as áreas de proteção da RW.	99
Figura 4.8-1 – Proposta de divisão da faixa da TW em duas áreas.	101
Figura 4.9-1 –Superfícies da OFZ conforme ICAO.	107
Figura 4.9-2 –Superfícies da OFZ conforme FAA, destinada a aeronaves de grande porte, com visibilidade de aproximação menor do que 1.200m em uma RW com <i>cabeceira</i> deslocada.	110

Figura 4.9-3 –Geometria da <i>OFZ de transição interna</i> da FAA.....	113
Figura 4.9-4 – Vista superior da geometria utilizada para modelagem da <i>OFZ de transição interna</i>	115
Figura 4.9-5 – <i>OFZ de transição interna</i> para uma aeronave que espera para entrar na RW.	115
Figura 4.9-6 – Geometria da <i>OFZ de transição interna</i> , conforme FAA para condições CAT I.	118
Figura 4.9-7 – Geometria da <i>OFZ de transição interna</i> , conforme FAA para condições CAT II e III.	120
Figura 5.2-1– Comparação dos critérios da ICAO e da FAA para o vento de través.	130
Figura 5.3-1– Comparação dos critérios da ICAO e da FAA para a largura da RW.	134
Figura 5.3-2– Comparação dos critérios da ICAO e da FAA para a largura combinada entre a RW e seus <i>acostamentos</i> . Dados disponíveis no ANEXO B....	135
Figura 5.3-3– Comparação dos critérios da ICAO e da FAA para o comprimento de blast pads.	136
Figura 5.6-1– Comparação entre as especificações da ICAO e da a FAA para a separação entre RWs paralelas, em <i>pistas para aproximação visual</i> , com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1.....	141
Figura 5.6-2– Comparação entre as especificações da ICAO e da a FAA para separação entre RWs e TWs paralelas com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1. Cenários 1 e 2 para o caso em que a aeronave espera para entrar na RW.	143
Figura 5.6-3– Comparação entre as especificações da ICAO e da a FAA para separação entre RWs e TWs paralelas com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1. Cenários 3 e 4 para o caso em que a aeronave espera para entrar na RW.	144
Figura 5.6-4– Comparação entre as especificações da ICAO e da a FAA para separação entre RWs e TWs paralelas, com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1. Cenários 5 e 6 para o caso em que a aeronave espera para entrar na RW.	144
Figura 5.7-1– Comparação entre as especificações da ICAO e da a FAA para a largura das áreas de proteção da RW, com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1. Cenário 1.....	154

Figura 5.7-2– Comparação entre as especificações da ICAO e da FAA para a largura das áreas de proteção da RW, com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1. Cenário 2.	154
Figura 5.7-3– Comparação entre as especificações da ICAO e da FAA para o comprimento das áreas de proteção da RW desde o final da RW, com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1. Cenário 1.....	155
Figura 5.7-4– Comparação entre as especificações da ICAO e da FAA para o comprimento das áreas de proteção da RW desde o final da RW, com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1. Cenário 2.	155
Figura 5.8-1– Comparação entre as especificações da ICAO e da FAA para a largura das áreas de proteção da TW.	158
Figura 5.9-1– Comparação entre as especificações da ICAO e da FAA para as superfícies da OFZ.	163
Figura 5.9-2– Comparação entre as especificações da ICAO e da FAA para <i>OFZs de transição interna</i>	164
Figura 6.1-1– Nível de gravidade (<i>severity level</i>).	177
Figura 7.2-1 – Dispersão lateral máxima do <i>jet blast</i> de 35mph	186
Figura 7.2-2 – Dispersão longitudinal máxima do <i>jet blast</i> a 35mph , desde a bequilha.	187
Figura 7.2-3 – Dispersão longitudinal máxima do <i>jet blast</i> a 35mph , desde a cauda.	187
Figura 7.5-1 – Comparação entre as aeronaves A380-800 e A340-600 quando estas encontram-se inicialmente desviadas em 90° em relação a uma linha guia retilínea.	194
Figura 7.5-2 –Trajetória para as aeronaves A340-600 e A380-800 durante manobra associada ao caso <i>ii</i>	194
Figura 7.5-3 – Trajetória para as aeronaves A340-600 e A380-800 durante manobra associada ao caso <i>iii</i>	195
Figura 7.6-1 – Posição das <i>barras de parada</i>	199

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1-1 – <i>Código de referência do aeródromo (ARC)</i> , conforme ICAO	38
Tabela 4.1-2 – <i>Código de referência do aeródromo (ARC)</i> , conforme FAA	39
Tabela 4.3-1 – <i>Largura padrão para a pista de pouso e decolagem</i> , conforme ICAO	42
Tabela 4.3-2 – <i>Largura padrão da pista de pouso e decolagem</i> , conforme FAA	43
Tabela 4.3-3 – <i>Larguras recomendadas para acostamentos da RW</i> , conforme ICAO	44
Tabela 4.3-4 – <i>Largura padrão dos acostamentos de uma pista de pouso e decolagem</i> , conforme FAA	44
Tabela 4.3-5 – <i>Dimensões da blast pad</i> , conforme FAA	45
Tabela 4.3-6 – <i>Padrão ICAO para a folga do pavimento e para a largura da pista de táxi</i>	46
Tabela 4.3-7 – <i>Padrão FAA para a folga do pavimento e para a largura da pista de táxi</i>	46
Tabela 4.3-8 – <i>Padrão ICAO para a largura combinada entre pistas de táxi e seus acostamentos</i>	47
Tabela 4.3-9 – <i>Padrão FAA para os acostamentos das TWs</i>	48
Tabela 4.3-10 – <i>Relação entre o raio de saída de uma PTSR e a velocidade de turn-off</i>	52
Tabela 4.6-1 – <i>Separação padrão da ICAO entre RWs e TWs paralelas</i>	71
Tabela 4.6-2 – <i>Padrão FAA para a separação entre RWs e TWs / TLs</i>	72
Tabela 4.6-3 – <i>Padrão ICAO para separação entre pistas de táxi e entre estas e objetos</i>	75
Tabela 4.6-4 – <i>Padrão FAA para separação entre pistas de táxi e entre estas e objetos</i>	76
Tabela 4.6-5 – <i>Padrão ICAO para separação entre a aeronave e: outras aeronaves; terminais; e outros objetos fixos</i>	77
Tabela 4.6-6 – <i>Padrão ICAO para a separação entre a BPRW e o centro da RW</i>	80
Tabela 4.6-7 – <i>Padrão FAA para separação entre a BPRW e o centro da RW</i>	82

Tabela 4.6-8 – Distância entre uma RW e uma BPRW, considerando-se as especificações da <i>área restrita da faixa da RW</i> , para RWs para aproximação de precisão.....	83
Tabela 4.6-9 – Altura da <i>OFZ de transição interna</i> na BPRW (m)	85
Tabela 4.7-1 – <i>Padrão</i> FAA para a ROFA.....	92
Tabela 4.7-2 – Dimensões <i>padrão</i> da FAA para a RSA.....	93
Tabela 4.7-3 – RPZ de aproximação e saída para RW utilizada em toda a extensão	94
Tabela 4.7-4 - RPZ de saída para distâncias declaradas.....	94
Tabela 4.7-5 – <i>Referencial</i> longitudinal para as áreas de proteção da RW.....	100
Tabela 4.8-1 – Largura <i>padrão</i> ICAO para a área preparada da faixa da TW.....	102
Tabela 4.8-2 – Largura <i>padrão</i> da OFA da TW	103
Tabela 4.8-3 – <i>Padrão</i> de folga OFA da TW.....	103
Tabela 4.8-4 – Largura <i>padrão</i> da OFA da TL (m).....	104
Tabela 4.8-5 – Largura <i>padrão</i> da FAA para a TSA.....	104
Tabela 4.9-1 – <i>Padrões</i> ICAO para as superfícies da OFZ.....	109
Tabela 4.9-2 – Resumo das equações utilizadas para modelagem da <i>OFZ de transição interna</i>	121
Tabela 5.1-1 – Dados utilizados como <i>base de especificação</i> pela ICAO e pela FAA relativos a um conjunto de aeronaves selecionadas	125
Tabela 5.1-2 – <i>Grupos dinâmicos</i> da ICAO e da FAA para as aeronaves da Tabela 5.1-1	127
Tabela 5.1-3 – <i>Grupos geométricos</i> da ICAO e da FAA para as aeronaves da Tabela 5.1-1	128
Tabela 5.1-4 –Dominância entre os dois critérios do <i>grupo geométrico</i> da ICAO e da FAA para as aeronaves da Tabela 5.1-1.....	128
Tabela 5.3-1 – Comparação entre os <i>padrões</i> da ICAO e da FAA para largura da <i>pista de táxi</i> e para a <i>folga do pavimento</i>	137
Tabela 5.3-2 – Comparação dos <i>padrões</i> de largura combinada entre a TW e seus <i>acostamentos</i> , para a ICAO e para a FAA (m).....	138
Tabela 5.6-1 – Cenários para comparação entre os <i>padrões</i> da ICAO e da FAA quanto à separação entre RWs e TWs	142

Tabela 5.6-2 – Comparação entre os <i>padrões</i> da ICAO e da FAA quanto a separações em TWs	145
Tabela 5.6-3 – Comparação entre os <i>padrões</i> da ICAO e da FAA quanto separações em TLs	146
Tabela 5.6-4 – Comparação entre as separações <i>padrão</i> da ICAO e da FAA para o pátio de aeronaves.....	146
Tabela 5.6-5 – Cenários para as comparações entre os <i>padrões</i> da ICAO e da FAA quanto a BPRWs e <i>OFZs de transição interna</i>	148
Tabela 5.6-6 – Comparação entre os <i>padrões</i> da ICAO e da FAA para BPRWs e <i>OFZs de transição interna</i>	150
Tabela 5.7-1 – Comparação quanto ao uso e preparação das áreas de proteção da RW	157
Tabela 5.8-1 – Comparação das especificações quanto ao uso e preparação das áreas de proteção da TW	159
Tabela 6.2-1 – EBs da FAA relacionados à acomodação das aeronaves A380 e B747-8.....	178
Tabela 7.2-1 – Distâncias laterais de sucção, semi-larguras <i>padrão</i> das RWs e TWs e posição do centro das turbinas, tomando-se como referência o eixo longitudinal da aeronave	184
Tabela 7.2-2 – Folgas quanto à distância de sucção e quanto à posição da turbina desde a linha de centro longitudinal da aeronave	185
Tabela 7.2-3 – Variação entre a dispersão lateral máxima do contorno <i>jet blast</i> a 35mph	186
Tabela 7.2-4 – Variação da dispersão lateral e longitudinal do <i>jet blast</i> : A380-800 e B747-8 versus A340-600 e B747-400	188
Tabela 7.5-1 – Dimensões WS, d_{beq} e d de aeronaves selecionadas.....	192
Tabela 7.6-1 – Distância máxima possível entre a RW 09L/27R e a BPRW que lhe dá acesso desde a TW B	197
Tabela 7.6-2 – Posição das <i>barras de parada</i>	199
Tabela 7.9-1 – Avaliação da <i>OFZ de transição interna</i> nas BPRWs do SBGR	203

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AACG: *Airbus A380 Airport Compatibility Group.*

AGFRW: Área Geral da *Faixa da RW* (sigla proposta).

AGFTW: Área Geral da *Faixa da TW* (sigla proposta).

Alt.: Altitude.

APFRW: Área Preparada da *Faixa da RW* (sigla proposta).

APFTW: Área Preparada da *Faixa da TW* (sigla proposta).

Aprox.: Aproximação.

ARFRW: Área Restrita da *Faixa da RW* (sigla proposta).

ANAC: Agência Nacional de Aviação Civil.

AOPG: *Aerodrome Operations Planning Group.*

APM: *Airport Planning Manual; aircraft characteristics for airport planning.*

ARC: Código de referência do aeródromo/aeroporto; *Airport/Aerodrome Reference Code.*

ASDA: Distância disponível para aceleração e parada; *Accelerate Stop Distance Available.*

ATC: Controle de tráfego aéreo; *Air Traffic Control.*

BACG: *Boeing 747-8 Airport Compatibility Group.*

BP: *Barra de Parada* em intersecções entre pistas de táxi.

BPRW: Barra de Parada da *pista de pouso e decolagem*; *Holdline* (sigla proposta).

BRL: *Building Restriction Line*; Linha de restrição predial.

C: a) Coluna; e b) Cenário (sigla proposta).

CAT I, II ou III: Categoria de aproximação de precisão I, II ou III; *Precision Approach Category.*

CBP: Comprimento Básico de Pista da aeronave; *aeroplane reference field length.*

CR: Critério (sigla proposta).

CRM: *Collision Risk Model.*

CWY: Zona desimpedida; *Clea.rway*.

EB: *Engineering Brief.*

e-CFR: *electronic Code of Federal Regulations.*

EAM Efeito do Arremesso de Materiais (sigla proposta).

EE: Efeito de Erosão (sigla proposta).

EFA: Efeito do Fluxo de Ar (sigla proposta).

EUA: Estados Unidos da América.

FAA: *Federal Aviation Administration.*

FOD: Dano devido a um objeto estranho; *Foreign Object Damage*.

ICAO: *International Civil Aviation Organization*.

IFR: *Regras de voo por instrumentos; Instrument Flight Rules*.

ILS: *Instrument Landing System*.

LDA: Distância disponível para pouso; *Landing Distance Available*.

MLS: *Microwave Landing System*.

MoSs: *Modification of Standards (FAA)*.

MTOW: Peso máximo de decolagem; *Maximum Take-Off Weight*.

Navaid: *Navigational aid*.

NLA: *New Large Aeroplane*.

OAS: *Obstacle Assessment Surface*.

OCA / OCH: *Obstacle Clearance Altitude / Obstacle Clearance Height*.

OCP: *Obstacle Clearance Panel (ICAO)*.

OFA: Área livre de objetos ; *Object Free Area*.

OFZ: Zona livre de objetos; *Object Free Zone*.

PANS-ATM: *Procedures for Air Navigation Services: Air Traffic Management*.

PANS-OPS: *Procedures for Air Navigation Services - Aircraft Operations*.

POFZ: *Precision Object Free Zone*.

PTSR: *Pista de Táxi de Saída Rápida (sigla proposta)*.

RESA: *Runway End Safety Area*.

ROFA: Área livre de objetos da RW; *Runway Object Free Area (FAA)*.

RPZ: *Runway Protection Zone (FAA)*.

RSA: *Runway Safety Area (FAA)*.

RVR: *Runway Visual Range*.

RW: *Pista de pouso e decolagem; Runway*.

SWY: Zona de parada da pista de pouso e decolagem; *Stopway*.

TL: *Pista de táxi de acesso ao estacionamento de aeronaves; Aircraft Stand Taxilane (ICAO); Taxilane (FAA)*.

TLS: *Target Level of Safety*.

TODA: Distância disponível para decolagem; *Take-Off Distance Available*.

TORA Distância disponível para corrida de decolagem: *Take-Off Run Available*.

TOFA: *Taxiway Object Free Area (FAA)*.

TW: *Pista de táxi; Taxiway*.

VFR: *Regras de voo visual; Visual Flight Rules*.

WS: *Wheel span (sigla proposta)*.

LISTA DE SÍMBOLOS

ang: posição relativa da aeronave em relação à RW sob análise variando entre 0° e $+90^\circ$.

C: Coluna.

d: Comprimento de referência da aeronave (*aircraft datum length*).

dec, dec1, dec2: Declividade (horizontal:vertical) da *OFZ de transição interna*.

d_x: Distância longitudinal absoluta entre N e P.

d_y: Distância transversal absoluta entre N e P.

E: Elevação em relação ao nível do mar.

env: envergadura da aeronave.

env_{taxia}: envergadura da aeronave que taxia.

f: Fator de carga lateral.

folga_{taxia}: folga de ponta de asa associada à aeronave que taxia

g: Aceleração da gravidade ($9,81\text{m/s}^2$).

GD: *Grupo dinâmico*.

GG: *Grupo geométrico*.

H₁: Variável utilizada para a construção da *OFZ de transição interna* pelos critérios da FAA em condições CAT I.

H₂: Variável utilizada para a construção da *OFZ de transição interna* pelos critérios da FAA em condições CAT II e III.

L: a) Dimensão utilizada para o desenho de uma sobrelargura pelo método arco e tangente, representando o comprimento ao longo do eixo da TW, desde o ponto em que a aeronave inicia a taxiar sobre a linha guia retilínea até o ponto em que a reta tangente ao arco intercepta a borda da TW. b) Linha.

L_{RW}: Comprimento da *pista de pouso e decolagem*.

l_{asa}: distância longitudinal entre o nariz da aeronave e a ponta da asa.

l_{est}: distância longitudinal entre o nariz da aeronave e o estabilizador.

l_{espera}: comprimento da aeronave que espera.

L₁: Comprimento da RSA anterior ao início da RW.

L₂: Comprimento da RSA posterior ao final da RW.

M: *Folga do pavimento*.

N: Ponto de referência da aeronave, assumido a seguir a linha guia.

P: Ponto de interesse para uma dada análise.

R: Raio.

r: Dimensão utilizada para o desenho de uma sobrelargura pelo método arco e tangente, representando o raio do arco da sobrelargura, concêntrico ao arco de círculo da linha guia.

S: Envergadura de uma aeronave.

TP: Tipo de RW. Trata-se de uma classificação conforme os auxílios à aproximação ou mínimo de visibilidade permitido. Conforme os conceitos da ICAO, os tipos de RW são: *RW para aproximação visual*; *RW para aproximação de não precisão*; e *RW para aproximação de precisão*. Já para a FAA pode significar: RW para aproximação com visibilidade maior ou igual a 1.200m; RW para aproximação com visibilidade menor do que 1.200m, CAT I; e RW para aproximação com visibilidade menor do que 1.200m, CAT II ou III.

U: Centroide das rodas do trem principal.

V: Velocidade.

V_{ap}: Velocidade de aproximação que corresponde a 1,3 vezes a velocidade de estol com os flapes na configuração máxima certificada para pouso, no MTOW, em condições ISA, ao nível do mar.

V_{des}: Velocidade de saída de projeto (*design exit speed*), compatível com um fator de carga de 0,133g.

V_{op}: Velocidade operacional de saída (*operational turn-off speed*), que é menor do que a *velocidade de saída de projeto* (V_{des}) de forma a melhorar a aceitação dos pilotos em utilizar uma PTSR.

V₁, V₂, V₃: a) Folga ICAO entre TWs e objetos; e b) V₁ significa velocidade de decisão.

W: Qualquer largura ou semi-largura.

W_{acostamento_TW}: Largura do *acostamento* da *pista de táxi*.

W_b: *Base de rodas*, ou seja, a distância entre o centroide do trem principal e a bequilha (*Wheel Base*).

W_f: Semi-largura da área de proteção da RW utilizada para a construção da OFZ. Para a ICAO esta área é a *área restrita da faixa da RW* e para a ICAO é a ROFZ.

W_{folga_TL}: Folga entre objetos e um aeronave que taxia em uma TL.

$W_{\text{folga_TW}}$: Folga entre objetos e um aeronave que taxia em uma TW.

$W_{\text{OFA_TL}}$: Largura da OFA da TL.

$W_{\text{OFA_TW}}$: Largura da OFA da TW.

W_{TW} : Largura da *pista de táxi*.

X_N : Coordenada retangular do ponto N no eixo x.

X_1, X_2, X_3 : Desvio lateral máximo em uma TW, para fins de cálculo da folga ICAO entre TWs e objetos. Possui a mesma dimensão que a *folga do pavimento*.

Y_N : Coordenada retangular do ponto N no eixo y.

Y : Variável utilizada para a construção da *OFZ de transição interna* pelos critérios da FAA em condições CAT II e III.

Y_1, Y_2, Y_3 : semi-envergadura da aeronave.

y_{asa} : distância entre a ponta da asa e o eixo da RW.

y_{est} : distância entre o estabilizador e o eixo da RW.

y_{nar} : distância entre a nariz da aeronave e o eixo da RW.

Z_1, Z_2, Z_3 : Incremento ao desvio máximo em uma TW, para fins de cálculo da folga ICAO entre TWs e objetos.

z_{asa} : altura da ponta da asa.

z_{est} : altura do estabilizador.

z_{nar} : altura do nariz.

SÍMBOLOS GREGOS:

α : Ângulo formado entre a linha tangente à linha guia, no ponto N, e o eixo x.

β : Ângulo de esterçamento da aeronave.

β_{beq} : Ângulo de esterçamento da bequilha.

Δ : folga vertical entre o ponto de interesse da aeronave e a *OFZ de transição interna*.

Δ_{ASA} : folga vertical entre a ponta da asa e a *OFZ de transição interna*.

Δ_{EST} : folga vertical entre o estabilizador e a *OFZ de transição interna*.

Δ_{NAR} : folga vertical entre o nariz da aeronave e a *OFZ de transição interna*.

ϕ_1 e ϕ_2 : coeficientes utilizados para seleção da posição relativa entre P e N: para a porção da aeronave posicionada à frente de N, deve-se utilizar $\phi_1=-1$; para o lado direito da aeronave deve-se utilizar $\phi_2=-1$; e para as demais situações utilizar valores positivos desses coeficientes.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO	25
1.1 OBJETIVOS	26
1.2 ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS	26
1.3 ASPECTOS DE FORMATO DO TEXTO	27
CAPÍTULO 2 - O PROJETO GEOMÉTRICO DE AERÓDROMOS NA LITERATURA.....	29
2.1 ICAO.....	30
2.2 ANAC	31
2.3 FAA	32
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA PROPOSTA.....	33
3.1 TERMOS PROPOSTOS PARA O TRABALHO	33
3.2 ESTRUTURA DE CRITÉRIOS, METODOLOGIAS E CONSIDERAÇÕES DE PROJETO	34
3.3 OUTROS ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	35
CAPÍTULO 4 - <i>PADRÕES E RECOMENDAÇÕES</i> DA ICAO E DA FAA PARA O PROJETO GEOMÉTRICO DE AERÓDROMOS	37
4.1 CÓDIGO DE REFERÊNCIA DO AERÓDROMO (ARC)	37
4.2 CONSIDERAÇÕES DE PROJETO	39
4.2.1 VENTO DE TRAVÉS.....	39
4.2.1.1 Relação entre os <i>padrões</i> para vento de través e outros <i>componentes, metodologias e considerações de projeto</i>	40
4.2.2 JET BLAST E FOD.....	40
4.2.2.1 Relação entre o <i>jet blast</i> e outros <i>componentes, metodologias e considerações de projeto</i>	41
4.3 ÁREAS PAVIMENTADAS PRINCIPAIS	42
4.3.1 LARGURA DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM.....	42
4.3.1.1 Relação entre a <i>largura da RW</i> e outros <i>componentes, metodologias e considerações de projeto</i>	42

4.3.2 ACOSTAMENTOS DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM	43
4.3.2.1 Relação entre a largura dos acostamentos da RW e outros componentes, metodologias e considerações de projeto	43
4.3.3 BLAST PADS.....	44
4.3.3.1 Relação entre as dimensões da blast pad e outros componentes, metodologias e considerações de projeto	45
4.3.4 LARGURA DAS PISTAS DE TÁXI.....	45
4.3.4.1 Relação entre a largura da TW e outros componentes, metodologias e considerações de projeto	46
4.3.5 ACOSTAMENTOS DA TW.....	46
4.3.5.1 Relação entre a largura dos acostamentos da TW e outros componentes, metodologias e considerações de projeto	47
4.3.6 PISTAS DE TÁXI DE SAÍDA RÁPIDA (PTSRs)	48
4.3.6.1 Geometria de uma PTSR	49
4.3.6.1.1 Geometrias padrão.....	49
4.3.6.1.2 Princípios e Recomendações da ICAO para o projeto de PTSRs.....	51
4.3.6.2 Posição e número de PTSRs	51
4.3.6.3 Relação entre PTSRs e outros componentes, metodologias e considerações de projeto	54
4.3.7 PISTAS DE TÁXI SOBRE PONTES.....	54
4.3.7.1 Relação entre TWs sobre pontes e outros componentes, metodologias e considerações de projeto	55
4.4 DISTÂNCIAS DECLARADAS.....	55
4.4.1 ZONA DESIMPEDIDA (CLEARWAY - CWY).....	57
4.4.2 ZONA DE PARADA (STOPWAY - SWY)	58
4.4.3 RELAÇÃO ENTRE DISTÂNCIAS DECLARADAS E OUTROS COMPONENTES, METODOLOGIAS E CONSIDERAÇÕES DE PROJETO	59
4.5 CURVAS E INTERSECÇÕES	60
4.5.1 FATOR DE CARGA LATERAL	61
4.5.2 TRAJETÓRIA DA AERONAVE	61
4.5.2.1 Ângulo de esterçamento da aeronave.....	62
4.5.2.2 Ângulo de esterçamento das rodas.....	63
4.5.2.3 Trajetória de pontos de interesse	64

4.5.3 SOBRELARGURAS	64
4.5.4 RELAÇÃO ENTRE CURVAS E INTERSECÇÕES E OUTROS COMPONENTES, METODOLOGIAS E CONSIDERAÇÕES DE PROJETO	67
4.6 SEPARAÇÕES	67
4.6.1 SEPARAÇÃO ENTRE RWs PARALELAS	67
4.6.1.1 Especificações da ICAO para separações entre RWs paralelas.....	67
4.6.1.2 Especificações da FAA para separações entre RWs paralelas.....	69
4.6.1.2.1 <i>Separação entre RWs paralelas para operações VFR simultâneas.....</i>	<i>69</i>
4.6.1.2.2 <i>Separação entre RWs paralelas para operações IFR simultâneas.....</i>	<i>69</i>
4.6.1.3 <i>Relação entre separações em RWs paralelas e outros componentes, metodologias e considerações de projeto</i>	<i>70</i>
4.6.2 SEPARAÇÃO ENTRE RWs E TWs PARALELAS	70
4.6.2.1 <i>Relação entre separações RW/TW e outros componentes, metodologias e considerações de projeto</i>	<i>73</i>
4.6.3 SEPARAÇÕES EM TWs E TLs	73
4.6.3.1 Especificações da ICAO.....	74
4.6.3.2 Especificações da FAA.....	75
4.6.3.3 <i>Relação entre separações em TWs e TLs e outros componentes, metodologias e considerações de projeto</i>	<i>76</i>
4.6.4 SEPARAÇÕES NAS POSIÇÕES DE ESTACIONAMENTO	76
4.6.4.1 <i>Relação entre separações no pátio e outros componentes, metodologias e considerações de projeto</i>	<i>79</i>
4.6.5 POSIÇÃO DAS BARRAS DE PARADA DA RW.....	79
4.6.5.1 Padrões da ICAO para BPRWS.....	80
4.6.5.2 Padrões da FAA para BPRWs	81
4.6.5.3 <i>Relação entre os padrões para a posição da BPRW e outros componentes, metodologias e considerações de projeto</i>	<i>82</i>
4.6.5.3.1 ICAO.....	83
4.6.5.3.2 FAA	84
4.7 ÁREAS DE PROTEÇÃO DA RW	85
4.7.1 ESPECIFICAÇÕES DA ICAO PARA A FAIXA DA RW.....	86
4.7.1.1 <i>Área geral da faixa da RW (AGFRW).....</i>	<i>87</i>
4.7.1.2 <i>Área preparada (graded area) da faixa da RW (APFRW)</i>	<i>88</i>

4.7.1.3 Área restrita da faixa da RW (ARFRW)	89
4.7.1.4 Relação entre a faixa da RW e outros componentes, metodologias e considerações de projeto	90
4.7.2 ESPECIFICAÇÕES DA ICAO PARA A RESA (RUNWAY END SAFETY AREA).....	90
4.7.2.1 Relação entre a RESA e outros componentes, metodologias e considerações de projeto	91
4.7.3 ESPECIFICAÇÕES DA FAA PARA A ROFA (RUNWAY OBJECT FREE AREA).....	91
4.7.3.1 Relação entre a ROFA e outros componentes, metodologias e considerações de projeto	91
4.7.4 ESPECIFICAÇÕES DA FAA PARA A RSA (RUNWAY SAFETY AREA)	92
4.7.4.1 Relação entre a RSA e outros componentes, metodologias e considerações de projeto	93
4.7.5 ESPECIFICAÇÕES DA FAA PARA A RPZ (RUNWAY PROTECTION ZONE)94	
4.7.5.1 Relação entre a RPZ e outros componentes, metodologias e considerações de projeto	95
4.7.6 USO DE DISTÂNCIAS DECLARADAS PARA ROFA E RSA	96
4.7.7 REFERENCIAL LONGITUDINAL DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO DA RW	96
4.8 ÁREAS DE PROTEÇÃO DA TW	101
4.8.1 ESPECIFICAÇÕES DA ICAO PARA A FAIXA DA TW	101
4.8.1.1 Área geral da faixa da TW (AGFTW).....	101
4.8.1.2 Área preparada (graded area) da faixa da TW (APFTW)	102
4.8.1.3 Relação entre a faixa da TW e outros componentes, metodologias e considerações de projeto	102
4.8.2 ESPECIFICAÇÕES DA FAA PARA A ÁREA LIVRE DE OBJETOS DA TW (TAXIWAY OBJECT FREE AREA - TOFA) E DA TL	102
4.8.2.1 Relação entre a OFA da TW e da TL e outros componentes, metodologias e considerações de projeto	104
4.8.3 ESPECIFICAÇÕES DA FAA PARA A ÁREA DE SEGURANÇA DA TW (TSA)104	
4.8.3.1 Relação entre a TSA e outros componentes, metodologias e considerações de projeto	105
4.9 OFZ	105

4.9.1 ESPECIFICAÇÕES DA ICAO E DA FAA PARA A OFZ.....	106
4.9.1.1 ESPECIFICAÇÕES DA ICAO PARA A OFZ	106
4.9.1.1.1 SUPERFÍCIE DE APROXIMAÇÃO INTERNA.....	107
4.9.1.1.2 SUPERFÍCIE DE TRANSIÇÃO INTERNA	107
4.9.1.1.3 SUPERFÍCIE DE POUSO INTERROMPIDO	108
4.9.1.2 ESPECIFICAÇÕES DA FAA PARA A OFZ.....	110
4.9.1.2.1 OFZ DA RW (RUNWAY OFZ – ROFZ)	111
4.9.1.2.2 OFZ DE APROXIMAÇÃO INTERNA (INNER-APPROACH OFZ)	111
4.9.1.2.3 OFZ DE TRANSIÇÃO INTERNA (INNER-TRANSITIONAL OFZ).....	111
4.9.1.2.4 OFZ DE PRECISÃO (PRECISION OFZ - POFZ).....	113
4.9.2 RELAÇÃO ENTRE A OFZ E OUTROS COMPONENTES, METODOLOGIAS E CONSIDERAÇÕES DE PROJETO	114
4.9.3 METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA OFZ DE TRANSIÇÃO INTERNA.....	114
4.9.3.1 ICAO.....	118
4.9.3.2 FAA	118
4.10 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	122
 CAPÍTULO 5 - COMPARAÇÃO ENTRE OS PADRÕES E RECOMENDAÇÕES DA ICAO E FAA	 124
5.1 CÓDIGO DE REFERÊNCIA DO AERÓDROMO (ARC)	124
5.1.1 COMPARAÇÃO ENTRE OS <i>GRUPOS DINÂMICOS</i>	127
5.1.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS <i>GRUPOS GEOMÉTRICOS</i>	128
5.2 CONSIDERAÇÕES DE PROJETO	129
5.2.1 VENTO DE TRAVÉS.....	129
5.2.2 JET BLAST E FOD.....	130
5.2.2.1 Considerações gerais.....	130
5.2.2.2 Mitigação dos efeitos.....	132
5.2.2.3 Especificações e métodos.....	133
5.3 ÁREAS PAVIMENTADAS PRINCIPAIS	133
5.3.1 LARGURA DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM.....	134
5.3.2 ACOSTAMENTOS DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM	134
5.3.3 <i>BLAST PADS</i>	135
5.3.4 LARGURA DAS PISTAS DE TÁXI.....	136
5.3.5 ACOSTAMENTOS DA TW.....	137

5.3.6 PISTAS DE TÁXI DE SAÍDA RÁPIDA (PTSRs).....	138
5.3.7 PISTAS DE TÁXI SOBRE PONTES.....	139
5.4 DISTÂNCIAS DECLARADAS.....	139
5.4.1 ZONA DESIMPEDIDA (CLEARWAY - CWY).....	139
5.4.2 ZONA DE PARADA (STOPWAY - SWY)	139
5.5 CURVAS E INTERSECÇÕES	139
5.6 SEPARAÇÕES	140
5.6.1 SEPARAÇÃO ENTRE RWs PARALELAS	140
5.6.1.1 RWs para aproximação visual.....	140
5.6.1.1 RWs para aproximação por instrumentos	141
5.6.2 SEPARAÇÃO ENTRE RWs E TWs PARALELAS	142
5.6.3 SEPARAÇÕES EM TWs E TLs	145
5.6.3.1 SEPARAÇÕES TW/TW E TW/OBJETOS	145
5.6.3.2 SEPARAÇÕES TL/TL E TL/OBJETOS	145
5.6.4 SEPARAÇÕES NAS POSIÇÕES DE ESTACIONAMENTO	146
5.6.5 POSIÇÃO DAS BARRAS DE PARADA DA RW (BPRWs).....	147
5.7 ÁREAS DE PROTEÇÃO DA RW	152
5.7.1 COMPARAÇÃO DIMENSIONAL	152
5.7.2 COMPARAÇÃO QUANTO AO USO E PREPARAÇÃO.....	156
5.8 ÁREAS DE PROTEÇÃO DA TW	158
5.9 OFZ	160
5.10 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	165
CAPÍTULO 6 - ACOMODAÇÃO DE AERONAVES DO 6º GRUPO GEOMÉTRICO EM AEROPORTOS EXISTENTES	168
6.1 FLEXIBILIZAÇÃO DE <i>PADRÕES</i> DA ICAO	169
6.1.1 A380 <i>COMMON AGREEMENT DOCUMENT</i> - AACG	169
6.1.2 B747-8 <i>COMMON AGREEMENT DOCUMENT</i> - BACG	170
6.1.3 FLEXIBILIZAÇÃO DA OFZ CONFORME ICAO CIR301 (2005B)	172
6.1.4 METODOLOGIA PARA ESTUDOS QUE SUPORTAM FLEXIBILIZAÇÕES CONFORME ICAO CIR305 (2004c).....	174
6.1.4.1 Impactos de NLAs sobre um aeródromo	174
6.1.4.2 Metodologia para estudos aeronáuticos.....	176

6.1.5 ESTUDOS SOBRE MODIFICAÇÕES DE <i>PADRÕES</i> DA ICAO	178
6.2 FLEXIBILIZAÇÃO DE <i>PADRÕES</i> DA FAA.....	178
6.2.1 MoS PARA A LARGURA DA TOFA	179
6.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	180

CAPÍTULO 7 - ANÁLISE DO LADO AÉREO DO AEROPORTO DE GUARULHOS QUANTO À OPERAÇÃO DO A380-800 E DO B747-8181

7.1 ARC.....	181
7.2 CRITÉRIOS DE PROJETO	181
7.2.1 VENTO DE TRAVÉS	182
7.2.2 JET BLAST E FOD.....	182
7.2.2.1 Análise de FOD	183
7.2.2.1.1 Análise da dispersão lateral do contorno de 35mph.....	185
7.2.2.1.2 Análise da dispersão longitudinal do contorno de 35mph	186
7.2.2.1.3 Análise da dispersão de velocidades maiores do que 35mph.....	187
7.3 ÁREAS PAVIMENTADAS PRINCIPAIS	188
7.3.1 LARGURA DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM.....	188
7.3.2 ACOSTAMENTOS DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM	189
7.3.3 BLAST PADS.....	190
7.3.4 LARGURA DAS PISTAS DE TÁXI.....	190
7.3.5 ACOSTAMENTOS DA TW.....	190
7.3.6 PISTAS DE TÁXI DE SAÍDA RÁPIDA (PTSRs).....	191
7.3.7 PISTAS DE TÁXI SOBRE PONTES.....	191
7.4 DISTÂNCIAS DECLARADAS	191
7.4.1 ZONA DESIMPEDIDA (CLEARWAY-CWY)	191
7.4.2 ZONA DE PARADA (STOPWAY-SWY).....	191
7.5 CURVAS E INTERSECÇÕES	191
7.6 SEPARAÇÕES	195
7.6.1 SEPARAÇÃO ENTRE RWs PARALELAS	195
7.6.2 SEPARAÇÃO ENTRE RWs E TWS PARALELAS	195
7.6.2.1 Análise da separação entre os eixos da RW e da TW	195
7.6.2.2 Espera entre a RW e a TW	196
7.6.2.3 OFZ de transição interna.....	198

7.6.3 SEPARAÇÃO ENTRE TWs PARALELAS.....	198
7.6.4 SEPARAÇÕES NAS POSIÇÕES DE ESTACIONAMENTO	198
7.6.5 POSIÇÃO DAS BARRAS DE PARADA DA RW (BPRWs).....	199
7.7 ÁREAS DE PROTEÇÃO DA RW	200
7.7.1 FAIXA DA RW	200
7.7.2 RESA	201
7.8 ÁREAS DE PROTEÇÃO DA TW	201
7.9 OFZ	201
7.9.1 UM A380-800 OU B747-8 ENCONTRA-SE SOBRE UMA DAS RWs DURANTE APROXIMAÇÃO DE PRECISÃO NA RW PARALELA.....	202
7.9.2 POSIÇÃO DAS BPRWS	202
7.9.3 UM A380-800 OU UM B747-8 TAXIA NA TW B E UM A380-800 OU UM B747-8 PERFAZ UMA APROXIMAÇÃO DE PRECISÃO NA RW 09L/27R	204
7.10 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO	205
CAPÍTULO 8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	208
8.1 CONCLUSÕES	208
8.2 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	211
REFERÊNCIAS.....	213
GLOSSÁRIO.....	218
ANEXO A – DADOS RELATIVOS À LARGURA DA RW.....	232
ANEXO B – DADOS RELATIVOS À LARGURA COMBINADA ENTRE RW E ACOSTAMENTOS.....	233
ANEXO C – DADOS RELATIVOS AO COMPRIMENTO DA <i>BLAST PAD</i>.....	234
ANEXO D – DADOS RELATIVOS AOS CENÁRIOS 1 E 2 PARA AVALIAÇÃO DOS <i>PADRÕES</i> DAS BPRWS E DA <i>OFZ DE TRANSIÇÃO INTERNA</i>	235
ANEXO E – DADOS RELATIVOS AOS CENÁRIOS 3 E 4 PARA AVALIAÇÃO DOS <i>PADRÕES</i> DAS BPRWS E DA <i>OFZ DE TRANSIÇÃO INTERNA</i>	237
ANEXO F – DADOS RELATIVOS AOS CENÁRIOS 5 E 6 PARA AVALIAÇÃO DOS <i>PADRÕES</i> DAS BPRWS E DA <i>OFZ DE TRANSIÇÃO INTERNA</i>	239

ANEXO G – DADOS RELATIVOS AOS CENÁRIOS 7 E 8 PARA AVALIAÇÃO DOS PADRÕES DAS BPRWS E DA OFZ DE TRANSIÇÃO INTERNA	241
ANEXO H – DADOS RELATIVOS AOS CENÁRIOS 9, 10, 11 e 12 PARA AVALIAÇÃO DOS PADRÕES DAS BPRWS	243
ANEXO I – DADOS RELATIVOS À SEPARAÇÃO ENTRE RWS PARALELAS.....	245
ANEXO J – DADOS RELATIVOS À SEPARAÇÃO ENTRE RWS E TWS PARALELAS PARA OS CENÁRIOS 1 E 2	246
ANEXO K – DADOS RELATIVOS À SEPARAÇÃO ENTRE RWS E TWS PARALELAS PARA OS CENÁRIOS 3 E 4	247
ANEXO L – DADOS RELATIVOS À SEPARAÇÃO ENTRE RWS E TWS PARALELAS PARA OS CENÁRIOS 5 E 6	248
ANEXO L – DADOS RELATIVOS ÀS ÁREAS DE PROTEÇÃO DA RW, CENÁRIO 1.....	249
ANEXO N – DADOS RELATIVOS ÀS ÁREAS DE PROTEÇÃO DA RW, CENÁRIO 2.....	251
ANEXO O – DADOS RELATIVOS À AVALIAÇÃO DA OFZ DE TRANSIÇÃO INTERNA NAS BPRWS DO SBGR COM BASE NOS PADRÕES DO GRUPO GEOMÉTRICO F PARA ICAO E NOS PADRÕES CAT II/III PARA AERONAVES DE GRANDE PORTE NO CASO DA FAA.. .	253
ANEXO P – DADOS RELATIVOS À AVALIAÇÃO DA OFZ DE TRANSIÇÃO INTERNA NAS BPRWS DO SBGR COM BASE NOS PADRÕES DO GRUPO GEOMÉTRICO E PARA ICAO E NOS PADRÕES CAT II/III PARA AERONAVES DE GRANDE PORTE NO CASO DA FAA..	254

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A indústria da aviação civil é baseada no equacionamento de dois importantes fatores: o desenvolvimento tecnológico e a padronização. Enquanto o primeiro é importante do ponto de vista da eficácia, o segundo é essencial à eficiência econômica e operacional. Por desenvolvimento tecnológico, entende-se as possibilidades em termos de aeronaves, aeroportos, controle de tráfego aéreo e assim por diante, enquanto a padronização é uma estratégia que faz frente às limitações dos recursos, entre os quais os custos operacionais, os altos investimentos necessários, os longos tempos de desenvolvimento, além dos interesses nacionais e corporativos e tantos outros.

No entanto, por mais que a padronização busque harmonizar-se com a tecnologia, existirá um atraso da primeira em relação à segunda, pois os *padrões* criados à luz de um contexto tecnológico serão vigentes em um período posterior, ao longo do qual os avanços tecnológicos seguirão seu curso. E assim, a adoção de novas tecnologias ficará sujeita ao cenário criado pela padronização existente.

Isso cria a necessidade de uma constante atualização dos *padrões*, para que eles não comprometam o desenvolvimento tecnológico do setor, e também, para fins de adequação, tendo-se em vista a validade dos modelos e premissas que suportam os *padrões* ao longo do tempo.

Aliás, as premissas serão mais ocultas, quanto mais empírico for o modelo que suporta os *padrões*, como é o caso dos estudos observacionais. Já em modelos analíticos, as variáveis serão conhecidas, mas ainda assim, a validade do modelo estará sujeita a um dado contexto, para o qual foi validado.

Assim, justifica-se a investigação a cerca dos modelos e premissas que suportam os *padrões*, de forma a contribuir-se para uma maior integração entre a tecnologia e a padronização, bem como para os aspectos de eficiência e segurança envolvidos.

Esta dissertação aborda o projeto geométrico de aeródromos a partir dos *padrões* e *recomendações* da ICAO (*International Civil Aviation Organization*) e da FAA (*Federal Aviation Administration*), limitando-se a comparar os *padrões* emitidos por cada um destas instituições, para um conjunto selecionado de critérios. Isso permite uma explicitação tanto das diferenças nos *padrões* em si, quanto das

variáveis e condições utilizadas para defini-los, e das metodologias sugeridas para avaliá-los. Estes dois conjuntos de *padrões* (da ICAO e da FAA) foram selecionados com base na idéia de que cumprem objetivos similares, os quais incluem a proteção das operações de decolagem, pouso, táxi, e estacionamento em um aeródromo.

Outro ponto abordado na presente dissertação é a operação de aeronaves como o A380-800 e o B747-8 em aeroportos existentes, onde não é possível atender-se aos *padrões* de projeto. A abordagem ao tema consiste em uma revisão bibliográfica das flexibilizações dos *padrões* de projeto para estas duas aeronaves, considerando-se os *padrões* da ICAO e da FAA. E, a partir da revisão dos *padrões*, *recomendações* e flexibilizações, é feita uma aplicação ao caso do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos, avaliando-se impactos da operação do A380-800 e do B747-8 sobre o lado aéreo.

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos desta dissertação são:

- Apresentar uma revisão dos *padrões e recomendações* da ICAO e da FAA para o projeto geométrico de aeródromos para um conjunto selecionado de critérios de projeto, propondo-se uma nomenclatura comum à ICAO e à FAA, apontando-se relações entre os critérios de projeto, apresentando-se as metodologias de projeto e análise introduzidas pelas normas e propondo-se modelagens pontuais.
- Comparar as especificações da ICAO e da FAA quanto a um conjunto selecionado de critérios de projeto geométrico do aeródromo, a partir dos *padrões e recomendações* publicados por cada uma das instituições, explicitando-se as diferenças na *base de especificação* e nas *especificações* em si.
- Apresentar uma revisão das flexibilizações dos *padrões* de projeto para acomodação de aeronaves como A380-800 e o B747-8 em aeroportos existentes, onde não é possível o atendimento aos *padrões*.
- Analisar, a partir da revisão de *padrões* e flexibilizações, a operação das aeronaves A380-800 e o B747-8 no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos.

1.2 ESTRUTURA DOS CAPÍTULOS

Os capítulos estão organizados como a seguir discutido.

O Capítulo 1 faz uma introdução à pesquisa, explicitando os objetivos e a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão de literatura, focada nas normas utilizadas no trabalho.

O Capítulo 3 apresenta os aspectos metodológicos da pesquisa, propondo-se uma estrutura de critérios de projeto.

O Capítulo 4 compõe-se de uma revisão dos *padrões e recomendações* da ICAO e da FAA a partir da estrutura de critérios de projeto introduzida no Capítulo 3. Ainda, no Capítulo 4 propõe-se uma padronização da nomenclatura utilizada, e também modelagens pontuais para alguns critérios de projeto.

No Capítulo 5 apresentam-se comparações entre as especificações da ICAO e da FAA, com base na estrutura de critérios de projeto introduzida no Capítulo 3 e nas especificações e modelagens do Capítulo 4.

O Capítulo 6 apresenta uma revisão bibliográfica das flexibilizações dos *padrões* de projeto da ICAO e da FAA que visam à acomodação das aeronaves A380-800 e B747-8 em aeroportos existentes, onde não é possível o atendimento aos *padrões*.

O Capítulo 7 apresenta uma avaliação da introdução das aeronaves A380-800 e B747-8 no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos, levando-se em consideração a estrutura de critérios de projeto proposta no Capítulo 3, os *padrões* e modelagens apresentados no Capítulo 4 e as flexibilizações dos *padrões* apresentadas no Capítulo 6.

Já o Capítulo 8 apresenta as conclusões e recomendações para pesquisas futuras.

O texto ainda inclui um glossário e um conjunto de anexos, contendo os dados oriundos das comparações apresentadas no Capítulo 5.

1.3 ASPECTOS DE FORMATO DO TEXTO

A apresentação das especificações da ICAO e da FAA no Capítulo 4 busca uma harmonização entre o formato de cada norma e a necessidade de uma uniformização dos conceitos, para que as comparações do Capítulo 5 possam ser feitas em condições equivalentes. Nessa mesma linha, a estrutura de critérios de projeto proposta no Capítulo 3 é utilizada nos Capítulos 4, 5 e 7.

No caso de conceitos definidos por termos diferentes nos documentos da ICAO e da FAA, utiliza-se preferencialmente o termo da ICAO. Para a tradução à língua portuguesa, procurou-se seguir a ANAC RBAC 154 (2009a). Ainda, é feito um amplo uso de palavras em língua inglesa, entre parênteses, como sinônimo.

Recorre-se também ao uso de siglas, preferencialmente aquelas já utilizadas na literatura, embora algumas tenham sido propostas nesta dissertação. Na lista de abreviaturas e siglas indicam-se, entre parênteses, aquelas que são exclusivas da FAA e também aquelas propostas pelo autor.

Grifo em *itálico* é utilizado para palavras estrangeiras, termos com definição técnica, e para os títulos de nível 5. As palavras em *itálico*, denotando um conceito específico, são definidas no glossário ou ao longo do texto.

Aliás, é apresentado um amplo glossário, dividido em três partes: termos comuns à ICAO e à FAA; termos da FAA; e termos cujos significados diferem para a ICAO e para a FAA.

As legendas das figuras, tabelas e equações seguem a numeração dos títulos de nível 2, segundo os quais os critérios de projeto são tratados. Ainda, as legendas das figuras do Capítulo 5 fazem referência ao anexo que contém os dados originais.

CAPÍTULO 2 - O PROJETO GEOMÉTRICO DE AERÓDROMOS NA LITERATURA

O conhecimento e a pesquisa na área de projeto de aeródromos são muito restritos a organizações não acadêmicas como órgãos de governo, fabricantes de aeronaves, operadores aeroportuários, consultorias e afins. Disso resulta um contraste entre a complexidade do tema e a falta de uma sistematização das metodologias e dos princípios de projeto, à luz da estrutura acadêmica encontrada em outras áreas do conhecimento. Outro fator a considerar-se é o baixo grau de divulgação dos materiais relacionados ao conhecimento e à prática no tema.

Como o projeto de aeródromos deve atender a uma série de normas técnicas, este tipo de material se torna a principal referência para o assunto. De forma coerente com esta ideia, livros texto, como Horonjeff e McKelvey (1994) e Kazda e Caves (2008), se limitam a apresentar exigências normativas, sem dar atenção aos princípios que suportam estas exigências e sem explorar outras possibilidades de projeto, do ponto de vista tecnológico.

Por sua abordagem científica, cabe citar a dissertação de Weissmann (1983), que apresenta uma análise dos *padrões* de projeto para *pistas de pouso e decolagem*, comparando os *padrões* especificados pelo Ministério da Aeronáutica, então encarregado deste assunto no Brasil, e os *padrões* da ICAO (*International Civil Aviation Organization*). A partir desta comparação, o trabalho apontou discrepâncias entre as duas normas, no *padrão* de largura da *pista de pouso e decolagem*. Discrepâncias também apareceram entre os *padrões* da ICAO e as dimensões obtidas pela autora, a partir da análise estatística de dados de dispersão em *pistas de pouso e decolagem*. Estas dimensões foram obtidas com base na mesma metodologia utilizada pela ICAO para elaboração dos *padrões*. Um ponto que a pesquisa questiona diz respeito à forma como os *padrões* são especificados, ao utilizar características das aeronaves que, pelas análises, não podem ser correlacionadas às dispersões observadas. Além das questões geométricas, o trabalho aborda o projeto de pavimentos, a partir da relação deste com as características de dispersão das aeronaves em *pistas de pouso e decolagem*.

Atualmente existem dois conjuntos razoavelmente independentes de normas para projeto de aeródromos, que são as normas da ICAO e as normas da FAA (*Federal Aviation Administration*). A ICAO é o braço da ONU (Organização das Nações Unidas) para aviação civil, emitindo *padrões e recomendações* para projeto

e operação nos aeroportos internacionais localizados nos países membros da organização. Pela presente data, a ICAO possui 191 Estados (países) membros. Nos aeroportos domésticos, os Estados possuem autonomia para definir seus próprios *padrões* de projeto. Neste contexto, se destaca a FAA, cujos *padrões* devem ser seguidos nos aeroportos dos Estados Unidos. Estes *padrões* diferem daqueles da ICAO, conforme é demonstrado no Capítulo 5 desta dissertação, através de comparações para uma série de critérios de projeto selecionados.

No Brasil, a ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) é responsável por estabelecer as exigências a serem observadas no projeto de aeródromos, o que é feito com base nos documentos publicados pela ICAO, mesmo para os aeródromos domésticos.

Os itens seguintes apresentam uma descrição sucinta dos principais documentos da ICAO, da ANAC e da FAA relacionados ao projeto de aeródromos.

2.1 ICAO

A norma principal da ICAO para o projeto de aeródromos é a ICAO Annex 14 (2004a). E especificamente sobre o projeto geométrico de aeródromos tratam os *Capítulos 3 e 4* desta norma, que apresentam, respectivamente, componentes físicos de um aeródromo e critérios de restrição de obstáculos. A ICAO Annex 14 (2004a) faz referência a uma série de normas e manuais complementares, tratados a seguir.

A ICAO Doc 9157 Parte 1 (2006a) é um manual complementar à ICAO Annex 14 (2004a), que trata de *pistas de pouso e decolagem*, sendo bastante redundante em relação a esta. No entanto, em termos de *padrões* de projeto, este manual acrescenta: *i)* correções de declividade, temperatura e elevação para o cálculo do comprimento da *pista de pouso e decolagem*, quando tais condições não são consideradas no APM (*Airport Planning Manual*); *ii)* exemplos de áreas de giro da RW (*Pista de pouso e decolagem*); *iii)* uma lista de aeronaves com suas características básicas e ARC (*Aerodrome Reference Code*); e *iv)* um estudo sobre o efeito da declividade da RW sobre o desempenho das aeronaves.

De forma similar, a ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a) é um manual complementar à ICAO Annex 14 (2004a), tratando de *pistas de táxi e áreas de espera e ultrapassagem*. Este documento acrescenta metodologias de projeto importantes, especialmente em relação às *sobrelarguras* e às *pistas de táxi de saída rápida*. Além disso, o documento apresenta uma série de considerações de projeto, em relação a aspectos de segurança e eficiência de aeródromos.

O PANS-OPS, por sua vez, é composto por dois documentos, a ICAO PANS-OPS Volume I (2006c) e a ICAO PANS-OPS Volume II (2006d), que apresentam diversos procedimentos de voo por instrumentos, a dispersão de trajetória a eles associada e as áreas que devem ser protegidas para a construção dos procedimentos.

Já a ICAO Doc 9137 (1983a) trata do controle de obstáculos em aeródromos, do ponto de vista do projeto e da operação. O documento é complementar à ICAO Annex 14 (2004a) ao descrever a função de cada uma das superfícies de proteção do espaço aéreo especificadas no *Capítulo 4* desta norma. Além disso, o documento compara a função das superfícies da ICAO Annex 14 (2004a) com as superfícies de proteção especificadas no PANS-OPS. O documento também apresenta informações sobre o CRM (*Collision Risk Model*) e sobre a utilização do princípio de *shielding*¹.

A ICAO PANS-ATM (2007a) trata de controle de tráfego aéreo, incluindo regras de separação entre aeronaves, o que impacta sobre a separação e a disposição de duas ou mais *pistas de pouso e decolagem* em um aeródromo.

A ICAO Cir 301 (2005b) trata da utilização de uma OFZ (*Object Free Zone*) projetada conforme os critérios do *grupo geométrico E*, por aeronaves do *grupo geométrico F*. Esta circular apresenta a metodologia e as conclusões de estudos aeronáuticos conduzidos pela FAA e por instituições europeias. O material serve de base aos Estados que desejam permitir tal flexibilização dos *padrões* de projeto. O item 6.1.3 resume as principais conclusões dos estudos apresentados neste documento.

A ICAO Cir 305 (2004c) apresenta uma metodologia de análise de riscos a ser utilizada para a flexibilização de *critérios de projeto* para a introdução de NLAs (*New Large Aeroplanes*) em aeroportos existentes. A circular apresenta também as características de NLAs e suas implicações sobre componentes do aeródromo, bem como os principais riscos associados. O item 6.1.4 resume este documento.

2.2 ANAC

A norma brasileira relacionada ao projeto de aeródromos é a ANAC RBAC 154 (2009a). Esta é muito similar à ICAO Annex 14 (2004a), sendo basicamente uma

¹ Quando objetos que penetram superfícies de proteção ao espaço aéreo estão a certa distância do aeródromo e de obstáculos considerados irremovíveis, o princípio de *shielding* pode ser utilizado para justificar sua não remoção.

tradução desta para a língua portuguesa. No entanto, certas *recomendações* da ICAO foram *transformadas* em *padrões*.

2.3 FAA

A principal norma da FAA para o projeto de aeródromos é a FAA AC 150/5300-13 (1989), apresentando *critérios de projeto* e diversas considerações quanto à segurança e eficiência do aeródromo. A seguir apresenta-se uma série de documentos complementares a esta norma, quanto ao projeto geométrico de aeródromos.

A EUA e-CFR Title 14 (2010) compreende um conjunto de normas dos EUA para aeronáutica e espaço, disponíveis eletronicamente através do portal *GPO Access*. Em especial, a *Parte 1* desta legislação reúne definições e abreviações e a *Parte 77* trata de obstruções ao espaço aéreo, de forma semelhante ao *Capítulo 4* da ICAO Annex 14 (2004a). No entanto, a *Parte 77* não trata de OFZs, sendo este assunto tratado na própria FAA AC 150/5300-13 (1989).

A FAA AC 150/5325-4B (2005b), por sua vez, trata do cálculo do comprimento de *pistas de pouso e decolagem*. Para tanto, a norma propõe uma divisão das aeronaves em diferentes grupos com base no MTOW (*Maximum Take-off Weight*), no fato dela ser ou não um jato regional e na *velocidade de aproximação*. Para aeronaves com 27.200kg ou mais, e jatos regionais, a norma determina a utilização do APM para cálculo do comprimento da *pista de pouso e decolagem*. Para as demais aeronaves, existem 5 metodologias distintas para cálculo do comprimento da RW, agrupando-se as aeronaves conforme seu MTOW e *velocidade de aproximação*.

Em relação à flexibilização de *padrões* de projeto, a FAA tem emitido *Engineering Briefs* (EBs). Estes documentos apresentam flexibilizações dos *padrões* de projeto de componentes específicos do aeródromo, para as aeronaves A380-800 e B747-8. Além disso, a FAA disponibiliza em seu sítio eletrônico uma série de documentos sobre acomodação destas aeronaves em aeroportos existentes que não atendem aos critérios do *grupo geométrico VI*. Tais documentos contêm flexibilizações autorizadas pela FAA e restrições operacionais necessárias. O item 6.2 apresenta estas questões.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA PROPOSTA

Este trabalho aborda o projeto geométrico de aeródromos a partir dos *padrões e recomendações* da ICAO e da FAA, comparando-os. Além disso, é feita uma avaliação da introdução das aeronaves A380-800 e B747-8 no aeroporto de São Paulo/Guarulhos, à luz das exigências da ICAO e da FAA e também de flexibilizações dos *padrões* de projeto. Tais flexibilizações, por sua vez, são organizadas em um capítulo próprio.

Este capítulo, especificamente, apresenta os aspectos metodológicos da pesquisa, introduzindo uma série de termos propostos, uma estrutura de *critérios, metodologias e considerações de projeto* e os métodos utilizados para as comparações e análises.

3.1 TERMOS PROPOSTOS PARA O TRABALHO

Algumas expressões são amplamente empregadas ao longo do texto. São elas: *padrões e recomendações; critérios, metodologias e recomendações de projeto; especificação; base de especificação; e referencial*. Embora nem todas sejam utilizadas nos documentos consultados, considera-se importante utilizá-las, para fins de padronização do texto. A seguir estas expressões são definidas.

Padrões e recomendações se referem às *especificações* feitas pelas normas em relação a um determinado *critério ou consideração de projeto*. A título de exemplo, serve o caso da *especificação* de que a *pista de pouso e decolagem* deva possuir 45m de largura. Neste caso, a largura da *pista de pouso e decolagem* é um *critério de projeto*, e a *especificação* da largura em 45m é um *padrão* de projeto. Por sua vez, *padrões e recomendações* diferem quanto ao grau de exigência: um *padrão* é uma exigência mínima, a menos que devidamente flexibilizado. Uma *recomendação* tem caráter opcional aos Estados. Em alguns casos, os Estados adotam *recomendações* como *padrões*, de forma a aumentar a segurança operacional.

Critério, metodologia e recomendação de projeto diferem entre si. Por exemplo, a largura da *pista de pouso e decolagem* é um *critério de projeto*, cabendo *especificações*. O método de projeto de uma sobrelargura é o exemplo de uma metodologia de projeto, não cabendo *especificações* à metodologia em si. Já o *jet blast* é uma *consideração de projeto*, à qual cabe uma metodologia de avaliação, e *especificações* para *critérios de projeto* que compõem a *consideração*, como por exemplo, o limite da velocidade do fluxo sobre pessoas e veículos.

Base de especificação se refere às variáveis utilizadas para estabelecer-se os *padrões e recomendações*. No exemplo do *critério de projeto largura da pista de pouso e decolagem*, para a ICAO, a *base de especificação* inclui: o ARC (*Aerodrome Reference Code*), que, por sua vez, é definido com base em características da aeronave) de uma dada aeronave e o fato de a *pista de pouso e decolagem* se destinar a aproximações de precisão ou não.

Referencial se refere a um ponto ou conjunto de pontos a partir do(s) qual(is) algum *critério, metodologia ou consideração de projeto* é especificada. Serve de exemplo o comprimento da *faixa da RW* após as extremidades da *pista de pouso e decolagem*, que é especificada com base em duas distâncias: distância antes da *cabeceira* e distância após o final de pista ou *stopway*. Neste caso, a *cabeceira* é um dos *referenciais* para o comprimento da *faixa da RW*.

Outras expressões e termos são apresentados no Capítulo 4, concomitantemente à revisão dos *padrões e recomendações* a eles associados.

3.2 ESTRUTURA DE CRITÉRIOS, METODOLOGIAS E CONSIDERAÇÕES DE PROJETO

A estrutura proposta para o trabalho consiste em um agrupamento, por função, de um conjunto selecionado de *critérios, metodologias e considerações de projeto*. Este agrupamento permite uma abordagem uniformizada aos *padrões e recomendações* da ICAO e da FAA, facilitando as comparações pretendidas. Tal estrutura é utilizada nos Capítulos 4, 5 e 7 desta dissertação.

Optou-se pelo seguinte agrupamento: ARC (*Aerodrome Reference Code*); considerações de projeto; áreas pavimentadas principais; distâncias declaradas; curvas e intersecções; separações; áreas de proteção da RW (*pista de pouso e decolagem*); áreas de proteção da TW (*pista de táxi*); e OFZ (*object free zone*).

O grupo ARC cobre a categorização das aeronaves, com base nas suas características frente às necessidades de infraestrutura no aeródromo, uma vez que o ARC costuma fazer parte da *base de especificação* de muitos *critérios de projeto*.

O grupo *considerações de projeto* é composto por especificações e metodologias relacionadas ao vento de través de projeto, o qual influencia a orientação da *pista de pouso e decolagem*, e relacionadas ao *jet blast*, que influencia o projeto de áreas pavimentadas e separações.

O grupo *áreas pavimentadas principais* é composto por componentes físicos do aeródromo sobre os quais as aeronaves decolam, pousam, taxiam, esperam e

estacionam. Os critérios de projeto associados a estes componentes físicos são: largura da *pista de pouso e decolagem*; largura combinada entre a *pista de pouso e decolagem* e seus *acostamentos*; dimensões de uma *blast pad*; largura da *pista de táxi*; largura combinada entre uma *pista de táxi* e seus *acostamentos*; *pistas de táxi* de saída rápida; e *pistas de táxi* sobre pontes.

As distâncias declaradas agrupam *stopways* e *clearways*.

O grupo *curvas e intersecções* apresenta princípios de projeto e metodologias a serem empregados no projeto dos raios das curvas, das sobrelarguras e de folgas em áreas de proteção.

Separações agrupam critérios de distância entre áreas pavimentadas, e de folga, entre aeronaves e objetos. São eles: separações entre *pistas de pouso e decolagem*; separações entre *pistas de pouso e decolagem* e *pistas de táxi* paralelas; separações entre *pistas de táxi* e *pistas de táxi de acesso ao estacionamento de aeronaves*, e entre estas e objetos; separações nas posições de estacionamento; e posição das *barras de parada da pista de pouso e decolagem*.

Áreas de proteção da pista de pouso e decolagem agrupam áreas destinadas a proteger as operações na *pista de pouso e decolagem*. São elas: *faixa da pista de pouso e decolagem*, RESA (Runway End Safety Area), ROFA (Runway Object Free Area), RSA (Runway Safety Area) e RPZ (Runway Protection Zone).

Áreas de proteção da pista de táxi agrupam áreas destinadas a proteger *pistas de táxi*. São elas: *faixa da pista de táxi*, OFA (Object Free Area) da *pista de táxi*, OFA (Object Free Area) da *pista de táxi de acesso ao estacionamento de aeronaves*; e TSA (Taxiway Safety Area).

Finalmente, o grupo *OFZ* reúne superfícies que delimitam a presença de objetos na proximidade imediata das *pistas de pouso e decolagem*, de forma a proteger aeronaves abaixo da *altura de decisão*, durante aproximações de precisão.

Esta mesma estrutura de *critérios, metodologias e considerações de projeto* é utilizada para apresentar as especificações das normas (Capítulo 4), para comparar os *padrões* da ICAO e da FAA (Capítulo 5) e para a análise da operação das aeronaves A380-800 e B747-8 no Aeroporto Internacional de São/Paulo Guarulhos (Capítulo 7).

3.3 OUTROS ASPECTOS METODOLÓGICOS

Tendo-se em vista as comparações pretendidas entre os critérios da ICAO e da FAA, busca-se uma uniformização da nomenclatura e da apresentação das

especificações das normas, explicitando-se as diferenças quando uma uniformização não é possível.

Aliás, para as comparações entre os *padrões* da ICAO e da FAA, nos casos em que a *base de especificação* varia entre as normas, recorre-se a um grupo de aeronaves para as quais as variáveis da *base de especificação* de cada norma são conhecidas.

Finalmente, a análise da operação das aeronaves A380-800 e B747-8 no aeroporto de São Paulo/Guarulhos é feita com base nos *padrões* de projeto, nas suas flexibilizações e na análise comparativa entre aeronaves que operam atualmente no aeródromo.

CAPÍTULO 4 - PADRÕES E RECOMENDAÇÕES DA ICAO E DA FAA PARA O PROJETO GEOMÉTRICO DE AERÓDROMOS

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica dos *padrões e recomendações* da ICAO (*International Civil Aviation Organization*) e da FAA (*Federal Aviation Administration*) para o projeto geométrico de aeródromos, com base em um conjunto selecionado de *critérios, metodologias e considerações de projeto*, conforme a estrutura apresentada no Capítulo 3.

Ao longo deste Capítulo, nomenclaturas, *referenciais* e modelagens são propostos, de forma a permitir-se uma abordagem uniforme e facilitada aos *padrões e recomendações* da ICAO e da FAA.

As nomenclaturas propostas ao longo do Capítulo são: *grupo dinâmico; grupo geométrico; folga do pavimento; área geral da faixa da RW; área preparada da faixa da RW; área restrita da faixa da RW; área geral da faixa da TW; e área preparada da faixa da TW*.

As modelagens propostas ao longo do Capítulo dizem respeito à trajetória de pontos de interesse da aeronave durante curvas (item 4.5.2.3) e também à *OFZ de transição interna* (item 4.9.3).

Ainda, para as *áreas de proteção da RW*, no item 4.7.7, propõe-se uma apresentação didática dos *referenciais* segundo os quais as especificações são feitas.

Além disso, explicitam-se as inter-relações entre *critérios, metodologias e considerações de projeto* tratadas ao longo do Capítulo.

4.1 CÓDIGO DE REFERÊNCIA DO AERÓDROMO (ARC)

Muitos dos critérios de projeto de aeródromos são especificados com base no chamado *código de referência do aeródromo* (ARC – *Aerodrome Reference Code*). Para estes critérios, o ARC é uma medida de compatibilidade entre o aeródromo e a aeronave que ele acomoda. Isso porque o ARC é composto por dois termos, onde o primeiro se refere a uma característica de desempenho da aeronave e o segundo advém de características geométricas da mesma.

Caso uma única aeronave possua as características mais demandantes para os dois termos do ARC, esta será a aeronave crítica, considerando-se critérios cuja *base de especificação* contenha somente o ARC. Alternativamente, duas aeronaves

poderiam mesclar as características mais demandantes para os dois termos do código.

Por questões de padronização entre a nomenclatura da ICAO e da FAA, o primeiro termo do ARC é doravante denominado *grupo dinâmico* e para o segundo termo utiliza-se a expressão *grupo geométrico*. Para a ICAO as nomenclaturas originais são *code number* e *code letter*, respectivamente. Já no caso da FAA, os nomes originais são *aircraft approach category* e *airplane design group*, respectivamente.

Para a ICAO, o *grupo dinâmico* é baseado no *comprimento básico de pista da aeronave*² (*aeroplane reference field length- CBP*). Já o *grupo geométrico* depende de duas características: *envergadura* e *wheel span* (largura do trem principal desde as extremidades das rodas), valendo a mais demandante. A Tabela 4.1-1 relaciona o ARC com intervalos das características das aeronaves, conforme estabelecido pela ICAO:

Tabela 4.1-1 – Código de referência do aeródromo (ARC), conforme ICAO

Elemento 1 do código		Elemento 2 do código		
<i>Grupo dinâmico</i>	<i>Comprimento básico de pista da aeronave</i>	<i>Grupo geométrico</i>	<i>Envergadura</i>	<i>Wheel span</i>
1	Inferior a 800m	A	Inferior a 15m	Inferior a 4,5m
2	De 800m a 1.200m exclusive	B	De 15m a 24m exclusive	De 4,5m a 6m exclusive
3	De 1.200m a 1.800m exclusive	C	De 24m a 36m exclusive	De 6m a 9m exclusive
4	1.800m e acima	D	De 36m a 52m exclusive	De 9m a 14m exclusive
		E	De 52m a 65m exclusive	De 9m a 14m exclusive
		F	De 65m a 80m exclusive	De 14m a 16m exclusive

FONTE: ICAO Annex 14 (2004a, p.1-8)

Para a FAA o *grupo dinâmico* é baseado no *categoria de aproximação da aeronave* (*aircraft approach category*). Já o *grupo geométrico* depende de duas características: *envergadura* e *altura do estabilizador*, valendo a mais demandante. A Tabela 4.1-2 apresenta a categorização da FAA para o ARC.

² Nomenclatura conforme ANAC RBAC 154 (2009a). Ver glossário para definição.

Tabela 4.1-2 – Código de referência do aeródromo (ARC), conforme FAA

Elemento 1 do código		Elemento 2 do código		
<i>Grupo dinâmico</i>	Velocidade de aproximação	<i>Grupo geométrico</i>	Envergadura	Altura do estabilizador a
A	$V_A < 91\text{nós}$	I	Inferior a 15m	Inferior a 6,1m
B	$91\text{nós} \leq V_B < 121\text{nós}$	II	De 15m a 24m exclusive	De 6,1m a 9,1m exclusive
C	$121\text{nós} \leq V_C < 141\text{nós}$	III	De 24m a 36m exclusive	De 9,1m a 13,7m exclusive
D	$141\text{nós} \leq V_D < 166\text{nós}$	IV	De 36m a 52m exclusive	De 13,7m a 18,3m exclusive
E	$166\text{nós} \leq V_E$	V	De 52m a 65m exclusive	De 18,3m a 20,1m exclusive
		VI	De 60m a 80m exclusive	De 20,1m a 24,4m exclusive

ja: Valores convertidos a partir da unidade pé (*foot*) com arredondamento em uma casa decimal.

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p.1)

4.2 CONSIDERAÇÕES DE PROJETO

Nesta seção são apresentados os critérios da ICAO e da FAA quanto ao vento de través máximo de projeto, para fins de orientação da *pista de pouso e decolagem* (RW), e quanto ao *jet blast*.

4.2.1 VENTO DE TRAVÉS

A combinação entre a direção e a intensidade dos ventos em um dado sítio aeroportuário influencia a orientação da *pista de pouso e decolagem*. A ICAO e a FAA estabelecem limites para o vento de través, e, além disso, recomendam o provimento de um *fator de utilização* (*usability factor*) mínimo de 95%.

O fator de utilização corresponde ao percentual de tempo durante o qual uma dada RW é esperada a apresentar um vento de través menor do que os limites recomendados para cada tipo de aeronave. Pistas secundárias podem ser necessárias onde uma única RW não for capaz de prover um *fator de utilização* mínimo de 95%, para todas as aeronaves que utilizem o aeródromo regularmente.

A ICAO Doc 9184 (1987, p.1-36) apresenta uma metodologia para preparação e análise de dados sobre ventos, para o propósito de planejamento de aeródromos.

A FAA AC 150/5300-13 (1989, p.87) também apresenta uma metodologia para análise de dados sobre ventos, para o propósito de planejamento da orientação da RW.

A ICAO Annex 14 (2004a, p.3-1) estabelece as seguintes velocidades máximas admissíveis para o vento de través (*crosswind*) de projeto:

- **19km/h (10nós):** no caso de aeronaves cujo *CBP* é menor que 1.200m;
- **24km/h (13nós):** no caso de aeronaves cujo *CBP* é maior ou igual a 1.200m e menor do que 1.500m; e
- **37km/h (20nós):** no caso de aeronaves cujo *CBP* é maior ou igual a 1.500m, exceto quando houver, com certa frequência, uma baixa ação de frenagem na RW devido a um coeficiente de atrito longitudinal insuficiente, quando, então, deve ser assumido um componente de vento de través que não exceda 24km/h (13nós).

A FAA AC 150/5300-13 (1989, p.10) também especifica limites de projeto para o vento de través:

- **19,4km/h (10,5nós):** ARCs A-I e B-I;
- **24,1km/h (13knós):** ARCs A-II e B-II;
- **29,6km/h (16nós):** grupo geométrico III além dos ARCs C-I, C-II, D-I e D-II;
- **37,0km/h (20nós):** grupos geométricos IV, V e VI.

4.2.1.1 Relação entre os *padrões* para vento de través e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

O vento de través influencia as características de controle das aeronaves durante pouso, decolagem e táxi. Embora o vento de través não componha a *base de especificação* de *padrões* para RWs e TWs (*pistas de táxi*), a operação em níveis mais elevados do vento de través pode exigir ações mitigatórias como aumento de largura da RW e maior treinamento dos pilotos, por exemplo.

4.2.2 JET BLAST E FOD

O *jet blast* representa riscos às aeronaves, pessoal, veículos, equipamentos e estruturas dentro e fora do aeródromo, além de impactar sobre a erosão do solo. Assim, o *jet blast* deve ser considerado no projeto de áreas pavimentadas, como *acostamentos* e *blast pads*; áreas de proteção de RWs e TWs (*pistas de táxi*); separações entre RWs, TWs e TLs (*pistas de táxi de acesso ao estacionamento de aeronaves*) e áreas de estacionamento, e entre estas e pessoal, veículos,

equipamentos e estruturas; posição da sinalização vertical do aeródromo; posição das barreiras contra *jet blast* (*blast fences*); entre outros.

Três níveis de empuxo são geralmente considerados para determinar-se os efeitos e ações mitigatórias quanto ao *jet blast*: *empuxo à marcha lenta* (*idle thrust*), *empuxo de partida* (*breakaway thrust*) e *empuxo máximo contínuo* (*take-off thrust*). Quase todas as instalações adjacentes às áreas de movimento estarão sujeitas, no mínimo, ao *empuxo à marcha lenta*, considerando-se a aeronave crítica de projeto. Já o *empuxo de partida* é aquele necessário ao início do movimento de táxi, situando-se entre 50 e 60% do *empuxo máximo contínuo*. Áreas tipicamente projetadas para este nível de empuxo podem incluir os prédios do terminal, *pátio* e *acostamentos* das *pistas de táxi*, *baías de espera* e todos os pavimentos, com exceção da *pista de pouso e decolagem*. Por último, o *empuxo máximo contínuo* é aquele associado à decolagem, sendo de especial consideração para o projeto do pavimento da *pista de pouso e decolagem*, seus *acostamentos* e extremidades (*blast pads*).

A análise dos efeitos do *jet blast* deve considerar a trajetória das aeronaves no aeródromo e o nível de propulsão utilizado em cada parte. Deve levar em consideração também a mudança de direção do fluxo durante as curvas, quando a aeronave taxia. Elevações de terreno, vegetação e cercas vivas podem também ajudar a minimizar os efeitos do *jet blast*. Barreiras especialmente projetadas para contenção do *jet blast* podem ser necessárias (*blast fences*).

Os fabricantes de aeronaves fornecem as curvas de contorno de velocidade e temperatura do fluxo de ar emanado do sistema propulsor, através do APM (*Airport Planning Manual*).

A ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. APP 2-1) estabelece 56km/h (35mph) como limite máximo para o *jet blast* sobre pessoal, veículos e outros equipamentos na área de movimento.

Já a FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 77) estabelece 48km/h (30mph), como limite do fluxo sobre pessoas, equipamentos e veículos. Além disso, a FAA coloca que rajadas a partir de 31 km/h (19mph) são mais perigosas do que velocidades contínuas ao atingir veículos e aeronaves, afetando sua estabilidade.

4.2.2.1 Relação entre o *jet blast* e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

Os efeitos do *jet blast* e da sucção das turbinas não faz parte da base de especificação de critérios para áreas pavimentadas ou separações, embora seja de

especial consideração para o projeto do pátio de aeronaves e do estabelecimento de áreas a serem evitadas pelo público, como nas *cabeceiras* da RW, por exemplo. Quando flexibilizações aos *padrões* para áreas pavimentadas, áreas de proteção e separações são avaliadas, os efeitos do *jet blast* e da sucção dos motores devem ser considerados.

4.3 ÁREAS PAVIMENTADAS PRINCIPAIS

Nesta seção apresenta-se os *padrões e recomendações* da ICAO e da FAA quanto à: largura da *pista de pouso e decolagem* (RW); largura combinada entre a RW e *acostamentos*; dimensões de *blast pads*; largura de uma *pista de táxi* (TW); largura combinada entre TWs e *acostamentos*, *pistas de táxi* de saída rápida (PTSRs); e TWs sobre pontes.

4.3.1 LARGURA DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

A largura recomendada pela ICAO para a *pista de pouso e decolagem* obedece à Tabela 4.3-1:

Tabela 4.3-1 – Largura padrão para a pista de pouso e decolagem, conforme ICAO

Grupo dinâmico	Grupo geométrico					
	A	B	C	D	E	F
1	18m	18m	23m	-	-	-
1, RWs para aprox. de precisão	30m	30m	30m	-	-	-
2	23m	23m	30m	-	-	-
2, RWs para aprox. de precisão	30m	30m	30m	-	-	-
3	30m	30m	30m	45m	-	-
4	-	-	45m	45m	45m	60m

FONTE: ICAO Annex 14 (2004a, p.3-2)

Já a largura exigida pela FAA para a pista de pouso e decolagem é mostrada na Tabela 4.3-2.

4.3.1.1 Relação entre a largura da RW e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

A largura da RW guarda relação com a largura dos *acostamentos*, à medida que uma maior largura daquela pode justificar uma menor largura destes. E ambos guardam relação com a largura da *blast pad*.

Tabela 4.3-2 – Largura padrão da pista de pouso e decolagem, conforme FAA

Grupo geométrico	Grupos dinâmicos A e B		Grupos dinâmicos C e D
	RWs visuais ou RWs com visibilidade de aproximação não menor do que 1.200m b	RWs com visibilidade de aproximação menor do que 1.200m b	
I a	18m	23m	-
I	18m	30m	30m
II	23m	30m	30m
III	30m	30m	30m c
IV	45m	45m	45m
V	-	-	45m
VI	-	-	60m

|a: aeronaves de pequeno porte

|b: adotar as dimensões correspondentes à *cabeceira* com a menor visibilidade permitida.

|c: Para aeronaves com peso máximo certificado de decolagem maior do que 68.100kg, pertencendo ao grupo geométrico III, a largura é de 45m.

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p.de 25 até 26-1)

4.3.2 ACOSTAMENTOS DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

Os *acostamentos* da RW são uma superfície de transição entre o pavimento e a superfície adjacente, que tem as funções de: reduzir o risco de FOD (*Foreign Object Damage*); proteger o solo contra a erosão; e acomodar a aeronaves durante desvios eventuais destas, permitindo que retornem para a superfície da RW em segurança. Uma superfície natural, como grama, normalmente reduz a possibilidade de erosão do solo e a ingestão de objetos estranhos. Solo coberto por vegetação não adequado ao propósito de um *acostamento* requer sua estabilização, ou mesmo uma superfície pavimentada de baixo custo.

A ICAO Annex 14 (2004a, p.3-5) recomenda larguras mínimas combinadas entre RWs e *acostamentos*, para RWs destinadas a aeronaves dos grupos geométricos D, E e F. Observando-se isso e descontado-se a largura padrão da RW, encontra-se a largura mínima para os *acostamentos*, conforme a Tabela 4.3-3.

Já os *padrões* para *acostamentos* da RW, contidos na FAA 150/5300-13 (1989, p.de 25 até 26-1), são mostrados na Tabela 4.3-4.

4.3.2.1 Relação entre a largura dos *acostamentos* da RW e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

A largura dos *acostamentos* da RW guarda relação com a largura da RW, à medida que uma maior largura desta pode justificar uma menor largura dos *acostamentos*. E ambos guardam relação com a largura da *blast pad*.

Tabela 4.3-3 – Larguras recomendadas para *acostamentos da RW*, conforme ICAO

Grupo geométrico								
Largura da RW (conforme Tabela 4.3-1)			Largura combinada entre RW e <i>acostamentos</i>			Largura de cada <i>acostamento</i>		
D	E	F	D	E	F	D	E	F
45m	45m	60m	60m	60m	75m	7,5m	7,5m	7,5m

FONTE: ICAO Annex 14 (2004a, p.3-2, 3-5)

Tabela 4.3-4 – Largura *padrão* dos *acostamentos* de uma *pista de pouso e decolagem*, conforme FAA

Grupo geométrico	Grupos dinâmicos A e B		Grupos dinâmicos C e D
	<i>RWs de aproximação visual</i> ou <i>RWs com visibilidade de aproximação não menor do que 1.200m</i>	<i>RWs com visibilidade de aproximação menor do que 1.200m</i>	
	b	b	
I a	3m	3m	-
I	3m	3m	3m
II	3m	3m	3m
III	6m	6m	6m c
IV	7,5m	7,5m	7,5m
V d	-	-	10,5m
VI d	-	-	12m

|a: aeronaves de pequeno porte

|b: adotar as dimensões correspondentes à *cabeceira* com a menor visibilidade permitida.

|c: Para aeronaves com peso máximo certificado de decolagem maior do que 68.100kg, pertencendo ao *grupo geométrico III*, a largura do *acostamento* é de 7,5m.

|d: Aeronaves dos grupos geométricos V e VI normalmente exigem *acostamentos* com superfície estabilizada ou pavimentada.

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p.de 25 até 26-1)

4.3.3 BLAST PADS

A *blast pad* é uma superfície retangular adjacente à extremidade da *pista de pouso e decolagem*, sendo destinada a proteger o solo contra erosão.

O apêndice 2 da ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. APP 2-5) recomenda que a largura da *blast pad* deve ser igual à largura combinada entre a *pista de pouso e decolagem* e seus *acostamentos*. Já o comprimento da *blast pad* depende do tamanho da aeronave: para aeronaves como o B747 e o A380, recomenda-se um comprimento de 120m; e para aeronaves menores recomenda-se 60m³. Tal recomendação gera dúvidas uma vez que o texto não é estrito ao citar o B747 e o A380. Para o propósito das comparações do Capítulo 5, admite-se um comprimento de 120m somente para aeronaves B747 e A380.

³ Trecho do texto original: *For aircraft such as Boeing 747 and A380, a blast pad length of at least 120m is recommended; For smaller aircraft, a blast pad length of 60m is recommended.*

Já a Tabela 4.3-5 apresenta as dimensões *padrão* para a *blast pad* conforme a FAA AC 150/5300-13 (1989, p. de 25 até 26-1):

Tabela 4.3-5 – Dimensões da *blast pad*, conforme FAA

Grupo geométrico	Grupos dinâmicos A e B				Grupos dinâmicos C e D	
	RWs visuais ou RWs com visibilidade de aproximação não menor do que 1.200m b		RWs com visibilidade de aproximação menor do que 1.200m b			
	Comprimento	Largura	Comprimento	Largura	Comprimento	Largura
I a	18m	24m	18m	29m	-	-
I	30m	24m	30m	36m	30m	36m
II	45m	29m	45m	36m	45m	36m
III	60m	42m	60m	42m	60m	42m c
IV	60m	60m	60m	60m	60m	60m
V	-	-	-	-	120m	66m
VI	-	-	-	-	120m	84

|a: Somente *aeronaves de pequeno porte*.

|b: adotar as dimensões correspondentes à *cabeceira* com a menor visibilidade permitida.

|c: Para aeronaves com peso máximo certificado de decolagem maior do que 68.100kg, pertencendo *grupo geométrico III*, a largura da *blast pad* é de 60m.

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p. de 25 até 26-1)

4.3.3.1 Relação entre as dimensões da *blast pad* e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

A *blast pad* deve possuir a largura combinada entre a RW e seus acostamentos.

4.3.4 LARGURA DAS PISTAS DE TÁXI

O dimensionamento da TW (*pista de táxi*) deve observar o *padrão* especificado para o critério *folga do pavimento*. Assim, para os trechos retilíneos de uma *pista de táxi*, a largura mínima desta será a soma entre o *wheel span* e o dobro da *folga do pavimento*. Para os trechos curvos das TWs, deve-se considerar o desvio das rodas, induzido pelo *ângulo de esterçamento da aeronave*. A metodologia apresentada pela norma para o projeto de TWs em trechos curvos é discutida no item 4.5.2.

Os *padrões* da ICAO para a *folga do pavimento* e para a largura de uma *pista de táxi* em um trecho retilíneo, contidos na ICAO Annex 14 (2004a, p.3-11), são mostrados na Tabela 4.3-6.

Os *padrões* da FAA para a *folga do pavimento* e para a largura de uma *pista de táxi* em um trecho retilíneo, contidos na FAA AC 150/5300-13 (1989, p.38), são mostrados na Tabela 4.3-7.

Tabela 4.3-6 – Padrão ICAO para a folga do pavimento e para a largura da pista de táxi

Grupo geométrico	Folga do pavimento	Largura da pista de táxi
A	1,5m	7,5m
B	2,25m	10,5m
C, com <i>base de rodas</i> menor do que 18m	3m	15m
C, com <i>base de rodas</i> igual ou maior a 18m	4,5m	18m
D, com <i>wheel span</i> menor do que 9m	4,5m	18m
D, com <i>wheel span</i> maior ou igual a 9m	4,5m	23m
E	4,5m	23m
F	4,5m a	25m a

|a: Para aeronaves do grupo geométrico F, em condições de tráfego elevado, a adoção de uma folga do pavimento maior torna-se interessante para permitir velocidades maiores de taxiamento, à medida que isso influencia o comportamento dos pilotos.

FONTE: ICAO Annex 14 (2004a, p.3-11)

Tabela 4.3-7 – Padrão FAA para a folga do pavimento e para a largura da pista de táxi

Grupo geométrico	Folga do pavimento	Largura da pista de táxi
I	1,5m	7,5m
II	2,25m	10,5m
III, com <i>base de rodas</i> menor do que 18m	3m	15m
III, com <i>base de rodas</i> igual ou maior a 18m	4,5m	18m
IV	4,5m	23m
V	4,5m	23m
VI	6m	30m

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p.38)

4.3.4.1 Relação entre a largura da TW e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

A largura da TW guarda relação com a largura dos seus acostamentos, à medida que uma maior largura daquela pode justificar uma menor largura destes.

4.3.5 ACOSTAMENTOS DA TW

As funções dos acostamentos da TW e da RW são similares, sendo basicamente: acomodação das rodas das aeronaves durante desvios eventuais, permitindo que estas voltem à TW; proteção contra FOD (*Foreign Object Damage*); e proteção contra erosão da área adjacente à TW. No entanto, as especificações para os acostamentos da TW e RW diferem. Isso é de se esperar, a partir da diferença: nos desvios das aeronaves; nos níveis de empuxo praticados; e nas larguras, das RWs e TWs.

Os *acostamentos* devem se estender de forma simétrica na direção das laterais da *pista de táxi*, iniciando na borda desta.

A ICAO Annex 14 (2004a, p.3-15), recomenda larguras mínimas combinadas entre TWs e seus *acostamentos*. Tais especificações são mostradas na Tabela 4.3-8, bem como a largura resultante para os *acostamentos*, a partir das especificações de largura da TW, mostradas na Tabela 4.6-3.

A norma recomenda também que nas curvas e interseções das *pistas de táxi*, onde existe um aumento da área pavimentada (*sobrelarguras* ou *fillets*), os *acostamentos* não devem ser menores do que nos trechos retilíneos das *pistas de táxi*.

Tabela 4.3-8 – Padrão ICAO para a largura combinada entre *pistas de táxi* e seus *acostamentos*

<i>Grupo geométrico</i>	<i>Padrão de largura da TW (conforme Tabela 4.3-6)</i>	<i>Padrão para largura combinada entre TWs e seus acostamentos</i>	<i>Largura resultante para cada acostamento</i>
A	7,5m	-	-
B	10,5m	-	-
C, com <i>base de rodas</i> menor do que 18m	15m	25m	5m
C, com <i>base de rodas</i> igual ou maior a 18m	18m	25m	3,5m
D, com <i>wheel span</i> menor do que 9m	18m	38m	10m
D, com <i>wheel span</i> maior ou igual a 9m	23m	38m	7,5m
E	23m	44m	10,5m
F	25m	60m	17,5m

FONTE: ICAO Annex 14 (2004a, p.3-11, 3-15)

A FAA 150/5300-13 (1989, p.38) especifica diretamente a largura mínima para cada um dos *acostamentos* em uma *pista de táxi*, conforme a Tabela 4.3-9. A mesma tabela também apresenta o *padrão* FAA para a largura da TW e a largura combinada resultante entre a TW e seus *acostamentos*.

4.3.5.1 Relação entre a largura dos *acostamentos* da TW e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

A largura dos *acostamentos* da TW guarda relação com a largura da TW, à medida que uma maior largura desta pode justificar uma menor largura daqueles.

Tabela 4.3-9 – *Padrão FAA para os acostamentos das TWs*

<i>Grupo geométrico</i>	<i>Padrão de largura da TW (conforme Tabela 4.3-7)</i>	<i>Largura combinada entre TWs e seus acostamentos</i>	<i>Padrão para cada acostamento</i>
I	7,5m	13,5m	3m
II	10,5m	16,5m	3m
III, com <i>base de rodas</i> menor do que 18m	15m	27m	6m
III, com <i>base de rodas</i> igual ou maior a 18m	18m	30m	6m
IV	23m	38m	7,5m
V	23m	44m	10,5m a
VI	30m	54m	12m a

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p.38)

|a: Aeronaves dos grupos geométricos V e VI normalmente exigem *acostamentos* pavimentados ou, pelo menos, estabilizados. Deve também ser considerado o efeito *do jet blast* no caso de intersecções.

4.3.6 PISTAS DE TÁXI DE SAÍDA RÁPIDA (PTSRs)

Pistas de táxi de saída rápida (PTSRs) servem ao propósito de aumentar a capacidade da *pista de pouso e decolagem*, acelerando a saída das aeronaves que acabam de pousar. Isso é atingido através de um ângulo agudo de intersecção entre a PTSR e a RW, o qual permite um aumento do raio da curva de saída e, conseqüentemente, da velocidade. A Figura 4.3-1 ilustra a geometria de uma PTSR e alguns parâmetros de projeto destas *pistas de táxi*.

Do ponto de vista operacional, cabe à tripulação decidir qual *pista de táxi* de saída da RW será utilizada. A aceitação de PTSRs diminui em situações adversas, como pista molhada e vento de través.

O projeto de uma PTSR consiste de dois elementos chave: geometria; e posição a partir da *cabeceira*. Estes elementos relacionam-se através da velocidade, que decai desde a *cabeceira* até o ponto de *turn-off*, no qual a aeronave inicia a curva de saída da RW.

Os assuntos geometria e posição foram tratados separadamente nos itens 4.3.6.1 e 4.3.6.2. Para tanto, serviu de base o conteúdo dos seguintes trechos de documentos: ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. de 1-30 até 1-36); *apêndice 5* da ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a); FAA AC 150/5300-13 (1989, p.36, 48); *apêndice 9* da FAA AC 150/5300-13 (1989, p.142); e FAA AC 150/5060-5 (1983).

Figura 4.3-1 – Exemplo de uma PTSR. FONTE: Adaptado a partir do *Google Earth*

4.3.6.1 Geometria de uma PTSR

A ICAO e a FAA apresentam PTSRs *padrão*. A ICAO apresenta também princípios e *recomendações* para o projeto de PTSRs. Estas duas possibilidades são discutidas nos itens seguintes.

4.3.6.1.1 Geometrias padrão

A ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. de 1-32 até 1-33) apresenta PTSRs *padrão* para os *grupos dinâmicos 1 e 2* e para os *grupos dinâmicos 3 e 4*, conforme ilustram a Figura 4.3-2 e a Figura 4.3-3.

Figura 4.3-2 – Geometria *padrão* da ICAO para uma PTSR que serve aos *grupos dinâmicos 1 e 2*. FONTE: ICAO Doc 9157 (2005a, p.1-32)

4.3.6.1.2 Princípios e Recomendações da ICAO para o projeto de PTSRs

O ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. de 1-30 até 1-36) apresenta alguns princípios e recomendações para o projeto de PTSRs:

- O raio de saída (*radius of turn-off curve*) deve ser compatível com a velocidade de saída⁴. O item 4.3.6.2 trata sobre a relação entre raio e velocidade;
- Deve-se garantir que o comprimento da PTSR seja suficiente para uma parada completa das aeronaves que a utilizam, antes de qualquer intersecção que assim exigir. Para tanto, a norma recomenda a adoção de uma desaceleração de $0,76\text{m/s}^2$ no trecho curvo e de $1,52\text{m/s}^2$ no trecho retilíneo da PTSR;
- O ângulo de intersecção entre a *pista de pouso e decolagem* e a PTSR deve estar entre 25° e 45° , devendo ser preferencialmente de 30° ; e
- A sobrelargura provida no interior da curva da PTSR deve ser maior do que em TWs comuns, de forma a facilitar-se o reconhecimento da entrada por parte dos pilotos.

O *apêndice 5* da ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a) apresenta um método alternativo para a geometria de PTSRs, no qual o raio da curva diminui à medida que a aeronave se afasta da RW, formando uma espiral. Tal geometria é especialmente atrativa nos casos em que o espaço entre a RW e a TW paralela não permite uma PTSR *padrão*.

4.3.6.2 Posição e número de PTSRs

O ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. 1-36) recomenda a adoção de um raio de mínimo de 550m para aeronaves dos *grupos dinâmicos 3 e 4* e de 275m para aeronaves dos *grupos dinâmicos 1 e 2*. O documento coloca que as velocidades compatíveis com estes raios são de 93km/h e 65km/h, respectivamente, o que corresponde a um fator de carga lateral de 0,133g, aplicando-se a Equação 4.5-1. No entanto, no *parágrafo 1.3.4* do ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. 1-30) cita-se a adoção de 93km/h como limite de velocidade na qual os pilotos optam por utilizar uma PTSR, no caso dos *grupos dinâmicos 3 e 4*. Disso se intui que estes raios mínimos especificados estão de acordo com a velocidade máxima esperada para utilização da PTSR. Esta é a *velocidade de saída de projeto (design exit speed)*, simbolizada por V_{des} .

⁴ O ICAO Doc 9157 (2005a, p. de 1-36) recomenda a adoção de um raio de mínimo de 550m para aeronaves dos *grupos dinâmicos 3 e 4* e de 275m para aeronaves dos *grupos dinâmicos 1 e 2*.

No entanto, a posição da PTSR desde a *cabeceira* é estabelecida com base em uma velocidade mais baixa que V_{des} , de forma a aumentar-se a aceitação dos pilotos. Esta é a velocidade operacional de *turn-off* (*operational turn-off speed*), simbolizada por V_{op} .

Para o caso de PTSRs *não padrão*, deve-se utilizar as relações entre raios e velocidades que constam na Tabela 4.3-10. Desta tabela, V_{des} é a velocidade a ser utilizada para a escolha do raio e V_{op} é a velocidade que serve para posicionamento da PTSR.

Tabela 4.3-10 – Relação entre o raio de saída de uma PTSR e a velocidade de *turn-off*

Raio (m)	V_{des}		V_{op}	
	nós	km/h	nós	km/h
40	14	25,93	13	24,08
60	17	31,48	16	29,63
120	24	44,45	22	40,74
160	28	51,86	24	44,45
240	34	62,97	27	50,00
375	43	79,64	30	55,56
550	52	96,30	33	61,12

Obs.: V_{des} representa a velocidade compatível com um fator de carga lateral de $0,133g$ e V_{op} representa a velocidade de projeto, a qual é empírica e serve ao propósito de otimização do local da PTSR. Os valores originais de velocidade são apresentados na norma em nós ($1 \text{ nó} = 1,852 \text{ km/h}$).

FONTE: ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p.1-35)

O mesmo documento apresenta também um gráfico, destinado ao mesmo fim, mostrado na Figura 4.3-5.

Figura 4.3-5 – Relação entre o raio de saída de uma PTSR e a velocidade de *turn-off*. FONTE: ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p.1-35)

Conforme o ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. de 1-34), para as PTSRs *padrão* (da Figura 4.3-2 e da Figura 4.3-3), a velocidade de *turn-off* (V_{op}) valerá: 30nós para os *grupos dinâmicos* 3 e 4; e 15nós para os *grupos dinâmicos* 1 e 2. No entanto, uma rápida consulta à Tabela 4.3-10 ou à Figura 4.3-5, mostra que, para as geometrias *padrão* (raios de 550m e 275m), V_{op} valerá: 33nós para os *grupos dinâmicos* 3 e 4; e 28nós para os *grupos dinâmicos* 1 e 2. Não se conseguiu apurar a razão destas diferenças.

Para o cálculo da distância entre a *cabeceira* e o ponto de *turn-off* que coincida com a velocidade operacional de *turn-off* (V_{op}), o ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. de 1-31 até 1-34) apresenta a metodologia *Three Segment Method*. Segundo este método, a distância entre a *cabeceira* e o ponto de *turn-off* é dividido em três partes, sendo a primeira parte destinada ao *flare*, a segunda parte à transição (durante a qual a roda dianteira toca o solo), e a terceira parte compreende a desaceleração até V_{op} . Para esta metodologia, as variáveis de entrada são a velocidade de *turn-off* (V_{op}), a *velocidade de cruzamento da cabeceira* (*threshold crossing speed*), o vento de cauda e a declividade da RW.

Como visto anteriormente, a *velocidade operacional de turn-off* é fixa para PTSRs *padrão*. Para as demais, basta conhecer-se o raio da curva de saída da RW, o qual, fornece V_{op} a partir da Tabela 4.3-10 ou da Figura 4.3-5.

A *velocidade de cruzamento da cabeceira* pode ser obtida no APM (*Airport Planning Manual*). Conforme o ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. 1-34) esta velocidade é definida como: 1,3 vezes a velocidade de estol assumindo-se uma massa de pouso igual a 85% da massa máxima de pouso. Deve-se corrigir esta velocidade para a temperatura e altitude do aeródromo.⁵ O mesmo documento propõe um agrupamento de aeronaves em quatro grupos de intervalos da *velocidade de cruzamento da cabeceira*, considerando-se o nível do mar⁶. No *Three Segment Method*, considera-se esta divisão em grupos para o estabelecimento de algumas regras de cálculo, mas considera-se a *velocidade de cruzamento de cabeceira* específica para cada aeronave. Assim, a cada aeronave e condição de vento corresponde uma posição ótima da PTSR. Os grupos são:

- Grupo A: menos de 169km/h (91nós);
- Grupo B: entre 169km/h (91nós) e 222km/h (120nós) ;

⁵ Nota-se que esta velocidade difere ligeiramente da velocidade de aproximação da FAA, a qual considera a massa máxima de pouso, além de condições atmosféricas *padrão* ao nível do mar.

⁶ Aparentemente a norma se refere a condições atmosféricas *padrão* e nível do mar, ao mencionar somente o nível do mar na p.1-31 de ICAO Doc 9157 (2005a).

- Grupo C: entre 224km/h (121nós) e 259km/h (140nós); e
- Grupo D: entre 261km/h (141nós) e 306km/h (165nós).

Já a declividade é um fator específico da RW, devendo ser utilizada a declividade da extensão da RW compreendida entre a *cabeceira* e a PTSR.

O *Apêndice 5* da ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a) apresenta um metodologia de cálculo da posição ótima da PTSR em relação à *cabeceira*, considerando diversas condições de ventos de cauda, bem como o conjunto de aeronaves esperados a utilizar a RW. A metodologia deste apêndice é baseada no *Three Segment Method*.

Uma forma mais simples de avaliar-se a posição de uma PTSR é através de tabelas e gráficos acumulativos, oriundos de estudos estatísticos. Através desses meios é possível estimar-se a taxa de utilização de uma determinada saída, por parte de aeronaves ou grupos de aeronaves, com base na posição de uma dada *pista de táxi de saída*. Nesse sentido, o ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p.de 1-34 até 1-36) apresenta um estudo no qual as aeronaves são agrupadas conforme a *velocidade de cruzamento da cabeceira*. O apêndice 9 da FAA AC 150/5300-13 (1989, p.142) também apresenta uma tabela desse tipo, onde as aeronaves são agrupadas em quatro categorias: *aeronave de pequeno porte*, monomotor; *aeronave de pequeno porte*, bimotor; *aeronave de grande porte*, com menos de 136.000kg; e aeronaves pesadas (*heavy*), com mais de 136.000kg.

Ainda em relação à posição de uma PTSR, a FAA AC 150/5060-5 (1983) discorre sobre a influência de PTSRs sobre a capacidade de uma *pista de pouso e decolagem*.

4.3.6.3 Relação entre PTSRs e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

A distância entre uma RW e uma RW ou TW paralela deve ser tal a acomodar a parada e espera da aeronave que utiliza a PTSR.

4.3.7 PISTAS DE TÁXI SOBRE PONTES

Nos casos onde modos de superfície (rodovias, hidrovias, ferrovias, etc.) precisam passar pelo local designado como rota de táxi em um aeródromo, a utilização de *pietas de táxi* sobre pontes é uma solução.

A ICAO Annex 14 (2004a, p. 3-15) preconiza que pelo menos uma largura igual à da *área preparada da faixa da pista de táxi* (largura conforme item 4.8.1.2) seja capaz de suportar as aeronaves à qual a ponte se destina. No entanto, esta largura

pode ser diminuída, caso seja oferecido um meio de retenção lateral que, provavelmente, não coloque as aeronaves em perigo. Segundo a mesma norma, de especial preocupação é o acesso dos veículos de emergência à ponte e, ainda, o *jet blast* que pode representar riscos nas áreas adjacentes, abaixo da ponte.

A ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. 1-37) recomenda que o comprimento do trecho retilíneo adjacente à ponte deve ser de pelo menos o dobro do parâmetro *base de rodas* e nunca ser menor do que:

- 15m se o *grupo geométrico* for A;
- 20m se o *grupo geométrico* for B;
- 50m se o *grupo geométrico* for C, D ou E;
- 70m se o *grupo geométrico* for F.

A FAA, através do *Capítulo 7* da FAA AC 150/5300-13 (1989) trata as *pistas de táxi* sobre pontes e também as *pistas de pouso e decolagem* sobre pontes. Em termos dimensionais, a norma coloca que o comprimento da ponte deve ser paralelo com a linha de centro da RW ou da TW. Já a largura recomendada, com capacidade plena de suporte, é a largura da TW ou RW mais as áreas de segurança⁷. Em condições excepcionais, a largura da ponte pode ser igual à largura da TW, mais a largura dos *acostamentos*. Uma *pista de táxi* com largura mínima deve prover: restrição lateral, folga vertical entre asa e motores, proteção contra efeitos do *jet blast* sobre pessoas e veículos sob a ponte, espaço suficiente para a manobra de veículos de emergência e espaço suficiente para as escadas de emergência das aeronaves.

4.3.7.1 Relação entre TWs sobre pontes e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

Para a ICAO, por *padrão*, a largura da área com capacidade plena de suporte deve ser, no mínimo, da largura da *área preparada da faixa da TW*.

Para a FAA, por *padrão*, a largura da área com capacidade plena de suporte deve ser, no mínimo, da largura da *TSA* (*Taxiway Safety Area*).

4.4 DISTÂNCIAS DECLARADAS

O comprimento de uma *pista de pouso e decolagem* (RW) em conjunto com a *zona de parada* (*stopway* - SWY), com a *zona desimpedida* (*clearway* - CWY) e com a posição da *cabeceira* definem um conjunto de quatro distâncias, as quais são

⁷ TSA (taxiway safety area) RSA (runway safety area), respectivamente.

utilizadas pelos operadores para determinação do peso máximo de pouso e decolagem, influenciando diretamente a carga paga e o alcance a partir de um dado aeródromo. As distâncias mencionadas são: a TORA (*take-off run available*); a TODA (*take-off distance available*); a ASDA (*accelerate-stop distance available*); e a LDA (*landing distance available*). A função de cada uma destas distâncias é discutida a seguir.

A TORA é o comprimento de pista disponível e adequado para a corrida em solo de uma aeronave que decola. O deslocamento de *cabeceiras* não influencia o comprimento da TORA porque a corrida de decolagem inicia no começo da RW e não na *cabeceira*.

A TODA é a soma entre a TORA e uma CWY, caso esta estrutura seja provida. Durante o comprimento da TODA a aeronave perfaz a corrida de decolagem, desde o repouso, deixa o solo e atinge uma determinada altura. Em relação à presença de CWYs, cabe explorar alguns casos, onde serve de exemplo a hipotética RW 09R/27L⁸:

- **Não existem CWYs:** a TODA é igual ao comprimento da TORA nos dois sentidos;
- **Existe uma CWY no sentido 09R⁹:** no sentido 09R a TODA será a soma entre o comprimento da TORA e a CWY. No sentido 27L a TODA será igual ao comprimento da RW; ou
- **Existem CWYs nos dois sentidos:** em ambos os sentidos a TODA possui o comprimento da TORA mais o comprimento da respectiva CWY.

A ASDA, por sua vez, corresponde ao comprimento da TORA com a SWY, se esta estrutura estiver disponível. A ASDA representa o comprimento disponível para aceleração, desde o repouso, desaceleração e parada, no caso de uma *decolagem abortada*. A *decolagem abortada* ocorre quando o piloto reconhece e reage a uma falha de motor antes de a aeronave atingir a V_1 (*velocidade de decisão*). A *velocidade de decisão* é selecionada pelo operador de acordo com as condições locais e no manual de voo da aeronave, podendo influenciar o peso máximo de decolagem. Em relação à presença de SWYs, cabe explorar alguns casos, onde serve de exemplo a hipotética RW 09R/27L:

⁸ 09 e 27 se referem à orientação magnética da aeronave que utiliza a RW. Ver <http://en.wikipedia.org/wiki/Runway> para uma abordagem simplificada ao conceito.

⁹ Neste caso a CWY está próxima na *cabeceira* 27L e a aeronave inicia a corrida de decolagem na extremidade mais próxima à *cabeceira* 09R.

- **Não existem SWYs:** a ASDA é igual ao comprimento da TORA nos dois sentidos;
- **Existe uma SWY no sentido 09R¹⁰:** no sentido 09R a ASDA será a soma entre o comprimento da TORA e a SWY. No sentido 27L a ASDA será igual ao comprimento da TORA; ou
- **Existem SWYs nos dois sentidos:** em ambos os sentidos a ASDA possui o comprimento da TORA mais o comprimento da respectiva SWY.

Já a LDA corresponde à distância declarada disponível e adequada para a corrida em solo de uma aeronave que pouso. A LDA inicia na *cabeceira* e se estende até o final da RW considerado adequado para a corrida em solo. Em RWs com *cabeceira* deslocada (*displaced threshold*), a LDA será menor do que o comprimento da RW.

A decisão de prover-se CWYs e SWYs depende do desempenho da(s) aeronaves(s) consideradas críticas em relação às distâncias declaradas. Estas questões de desempenho não costumam ser tratadas nos APMs (*Airport Planning Manuals*), o que traz a necessidade de consulta a manuais de voo, operadores e/ou fabricantes.

A CWY e a SWY aumentam, respectivamente a TODA e a ASDA, dado um comprimento da RW. Do ponto de vista econômico, a CWY tem a vantagem de exigir uma preparação menor do que a RW, dispensando pavimentação. A SWY também requer menor preparação do que a RW, pela natureza eventual de sua utilização. Como desvantagem das SWYs, cita-se o caso de RWs equipadas com uma SWY em cada extremidade, no qual somente uma delas cumprirá função durante a corrida de decolagem.

Os *padrões* de projeto de CWYs e SWYs são tratados nos tópicos seguintes. A Figura 4.4-1 ilustra as distâncias declaradas.

4.4.1 ZONA DESIMPEDIDA (CLEARWAY - CWY)

A CWY é uma área retangular definida sobre solo ou água, controlada pela respectiva autoridade, a qual é selecionada ou preparada para que uma aeronave possa perfazer uma parte de sua subida de decolagem até uma dada altura, portanto situa-se na extremidade da pista de pouso e decolagem. Durante a decolagem, a aeronave não deve tocar a CWY.

¹⁰ Neste caso a SWY está próxima na *cabeceira* 27L e a aeronave inicia a corrida de decolagem na extremidade mais próxima à *cabeceira* 09R.

A ICAO Annex 14 (2004a, p. 3-9) faz algumas recomendações sobre o projeto de CWYs:

- LOCALIZAÇÃO: deve iniciar no final da TORA, na elevação do eixo da RW neste ponto.
- COMPRIMENTO: não deve exceder mais do que metade do comprimento da TORA.
- LARGURA: deve possuir pelo menos 150m de largura, distribuídos simetricamente em relação ao eixo estendido da RW.
- OBSTÁCULOS: deve ser livre de objetos acima de um plano cuja declividade é de 1,25% (1vertical:80horizontal) e se inicia no final da TORA.

Os *parágrafos* 3.6.4, 3.6.5 e 3.6.6 da norma apresentam informações sobre a preparação da superfície de uma CWY.

A FAA AC 150/5300-13 (1989, p.23) também apresenta *padrões* para o projeto de CWYs. Os critérios para localização, largura e obstáculos são idênticos aos da ICAO. Para o comprimento, no entanto, a norma coloca 300m como limite prático.

Ainda, em relação ao comprimento para a CWY, este deve levar em conta as características de desempenho das aeronaves críticas esperadas para o aeródromo, tendo-se em vista o comprimento necessário para a decolagem de uma dada aeronave, considerando-se a altitude-densidade, o peso de decolagem e também, o fato de a pista estar molhada ou não. O parágrafo 25.113 da ANAC RBAC 25 (2009b, p.26) relaciona as exigências de certificação de uma aeronave com o comprimento de um CWY, explicitando o comprimento da trajetória de decolagem (*take-off distance*) que pode ser completado sobre uma CWY, ao invés de uma superfície com capacidade de suporte.

4.4.2 ZONA DE PARADA (STOPWAY - SWY)

É uma área adjacente à extremidade da *pista de pouso e decolagem* a ser utilizada para desaceleração e parada de aeronaves que tenham abortado a decolagem. Assim, a superfície de uma SWY deve suportar a aeronave crítica esperada a utilizá-la, sem causar-lhe danos, e provendo um coeficiente de fricção compatível com aquele da RW¹¹.

¹¹ A superfície da SWY pode também ser construída de forma a aumentar a taxa de desaceleração das aeronaves, através da utilização de um sistema conhecido como EMAS (*Engineering Materials Arresting System*).

A ICAO Annex 14 (2004a, p. 3-10) coloca que a largura de uma SWY deve ser a mesma da RW a ela associada. Além disso, esta norma especifica detalhes para as declividades na SWY e na transição desta com a RW.

A FAA AC 150/5300-13 (1989, p.23) coloca que a SWY deve ser tão larga quanto a RW a ela associada e oferecer uma capacidade de suporte suficiente para não induzir danos às aeronaves. A norma também coloca que os custos de construção de SWYs prejudicam seu custo-benefício quando comparadas à RW com capacidade plena de suporte, a qual permite operações nos dois sentidos.

Chama a atenção o fato de que as duas normas não exigem, explicitamente, acostamentos para as *stopways*.

Figura 4.4-1 – Distâncias declaradas. FONTE: Adaptado a partir da ICAO Annex 14 (2004a, p. ATT A-4)

4.4.3 RELAÇÃO ENTRE DISTÂNCIAS DECLARADAS E OUTROS COMPONENTES, METODOLOGIAS E CONSIDERAÇÕES DE PROJETO

As *stopways*, *clearways* e *cabeceiras* deslocadas (*displaced threshold*) modificam os inícios e finais de pista, podendo alterar os *referenciais* para a posição de áreas de proteção e superfícies de proteção a obstáculos.

Pelos *padrões* da ICAO, componentes afetados são: *faixa da RW*; RESA e OFZ.

Pelos *padrões* da FAA, componentes afetados são: ROFA, RSA, RPZ e OFZ.

Ainda, a largura de uma *stopway* deve ser a mesma da RW, para a ICAO e para a FAA.

4.5 CURVAS E INTERSECÇÕES

Em um aeródromo, as aeronaves perfazem curvas desde a posição de estacionamento até a *pista de pouso e decolagem*, passando pelo pátio, *pistas de táxi*, baías de espera, áreas de giro, entre outros. O projeto destes componentes deve levar em conta critérios de segurança e eficiência, sendo muitos deles apresentados ao longo do presente Capítulo. Mas, além disso, as curvas e intersecções acrescentam especificidades ao projeto de tais componentes.

Isso porque, durante as curvas, as rodas e outras partes da aeronave como nariz, pontas de asa e estabilizadores se desviam das linhas de centro. Isso exige uma análise cuidadosa das áreas pavimentadas, das áreas de segurança e das folgas de projeto, o que exige uma metodologia capaz de fornecer a correspondência entre a trajetória de um ponto de referência da aeronave, que geralmente é a cabine ou a bequilha (roda dianteira da aeronave), e as partes de interesse. Para as áreas pavimentadas, as partes de interesse são as rodas, devendo existir uma margem¹² de segurança, entre estas e a borda do pavimento. As áreas de segurança¹³, por sua vez, são centradas nas RWs e TWs, sendo, neste caso, de especial interesse os pontos extremos da aeronave, como nariz, pontas de asa e estabilizadores. Estes mesmos pontos devem ter sua trajetória avaliada de forma a manterem-se as folgas especificadas para o pátio e outros componentes. Além disso, as curvas devem ser adequadas à capacidade de manobra das aeronaves, em termos do *ângulo de esterçamento da bequilha* e do fator de carga lateral, o qual limita a velocidade máxima praticável para um dado raio.

As intersecções também introduzem especificidades ao projeto de alguns componentes, de forma a atender-se às áreas de segurança e às folgas. Nas intersecções entre *pistas de táxi*, cria-se uma situação na qual uma dada TW vira área de segurança daquela que a intercepta, exigindo barras de parada (BPs). Já para a intersecção entre RWs e TWs, devem ser providas *barras de parada da RW* (BPRWs) para as aeronaves que entram na RW. A Figura 4.6-4 ilustra essas intersecções.

Dada uma visão geral dos aspectos relacionados às curvas e intersecções, cabe neste ponto dividir o assunto para abordá-lo com mais profundidade. Os itens 4.5.1, 4.5.2 e 4.5.3 apresentam os assuntos fator de carga lateral, trajetória da aeronave e sobrelarguras, respectivamente.

¹² Ao longo desta dissertação, esta margem é chamada de *folga do pavimento*.

¹³ Áreas de segurança por vezes, são especificadas com base em folgas de ponta de asa, mas isso não é uma regra.

4.5.1 FATOR DE CARGA LATERAL

A ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. 1-9) apresenta um fator de carga lateral (f) máximo de 0,133g a ser utilizado para o cálculo do raio de curvas em TWs. O equacionamento entre as variáveis f , raio e velocidade é dada na p. 1-13 da mesma norma:

$$V = \sqrt{f \times R} = \sqrt{0,133 \times g \times R} \quad (4.5-1)$$

Onde f é o fator de carga lateral (m/s^2), g a aceleração da gravidade (m/s^2), V a velocidade (m/s), e R o raio da curva (m). A norma, no entanto, não apresenta uma velocidade mínima a ser adotada para o projeto das curvas, a não ser para PTSRs, conforme as informações do item 4.3.6.

A FAA AC 150/5300-13 (1989) não apresenta nenhum fator de carga lateral para o projeto de TWs, mas, na p. 34, esta norma recomenda que o sistema de TWs possibilite uma velocidade mínima de 20mph (30km/h) e, ao mesmo tempo, cita 60m como raio mínimo para a curva em uma TW. Esses valores são consistentes com a Equação 4.5-1 apresentada pela ICAO, o que implica um fator de carga lateral de 0,133g.

4.5.2 TRAJETÓRIA DA AERONAVE

As aeronaves comerciais apresentam trens de pouso sob a configuração triciclo, na qual o esterçamento da bequilha (roda do nariz) é utilizado para controle em solo e o trem principal é fixo. Em algumas aeronaves, como é o caso do B747, por exemplo, algumas rodas do trem principal também se esterçam.

Quando a cabine ou outro ponto de referência da aeronave (N) segue a sinalização horizontal, será criado um ângulo entre o eixo longitudinal da aeronave e a sinalização horizontal, no ponto N. Esse é o chamado *ângulo de esterçamento da aeronave* (β). A Figura 4.5-1 ilustra a geometria envolvida.

O *ângulo de esterçamento da aeronave* (β) será diferente do ângulo de esterçamento da bequilha (β_{beq}) caso a bequilha não coincida com o ponto de referência da aeronave (N). Isso porque a bequilha descreverá uma trajetória diferente daquela do ponto N. No caso do B747, cada uma das rodas com capacidade de esterçamento estará sujeita a uma trajetória e a um ângulo de esterçamento diferente¹⁴. Já o ponto U é convencionado como o centroide das rodas desprovidas de capacidade de esterçamento.

¹⁴ O ângulo de esterçamento de uma roda é medido entre o eixo longitudinal da aeronave e a trajetória instantânea da roda.

Figura 4.5-1 – Geometria para análise da trajetória de aeronaves em curvas. FONTE: Adaptado a partir da metodologia apresentada pela ICAO Doc 9157 (2005a, p. 1-40)

Como a aeronave constitui um conjunto rígido sujeito ao ângulo β , a trajetória de cada ponto da mesma será descrito com base em β e na posição de N. Assim, o assunto pode ser dividido novamente em três partes: *ângulo de esterçamento da aeronave*; *ângulo de esterçamento das rodas*; e *trajetória dos pontos de interesse* (rodas, nariz, pontas de asa, etc.). Isso é feito nos itens 4.5.2.1, 4.5.2.2 e 4.5.2.3.

4.5.2.1 Ângulo de esterçamento da aeronave

A ICAO e a FAA apresentam metodologias para avaliação do ângulo β , considerando apenas duas geometrias para a linha guia (*guideline*): arco de círculo e linha reta. A utilização combinada destas duas geometrias permite um desenho razoavelmente flexível do percurso das aeronaves, alternando-se retas, arcos de círculo e espirais (compostas por arcos de diferentes raios). A ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. 1-40) e a FAA AC 150/5300-13 (1989, p. de 33 até 34)¹⁵ citam a possibilidade de deslocar-se a linha guia para fora da curva (*offsetting*), de forma a prover-se maior folga para o pavimento ou para as pontas de asa. No entanto, existem várias desvantagens oriundas dessa prática, pois a mesma linha guia deve ser utilizada por vários tipos de aeronaves e nos dois sentidos do tráfego. Além disso, o deslocamento da linha guia em relação ao arco, tem o efeito antagônico de aumentar a folga em um lado e diminuir do outro. Como nenhuma das normas fornece uma metodologia para avaliação do ângulo β para geometrias diferentes de

¹⁵ Para a FAA esta é uma medida temporária, não devendo ser aplicada no projeto de instalações novas. A norma oferece uma fórmula para o cálculo no novo raio a ser adotado para o arco, com base no raio atual e no comprimento de referência da aeronave.

uma reta e de um arco de círculo, surge como solução o método numérico apresentado por Horonjeff e McKelvey (1994).

Para a avaliação de geometrias sucessivas, compostas pela união de retas e arcos de diversos raios, o ângulo de esterçamento final de uma dada geometria será utilizado como ângulo de esterçamento inicial da geometria sucessora. As variáveis de entrada para cálculo da variação de β quando N segue uma reta ou arco de círculo são: o comprimento de referência da aeronave (d); o ângulo β no início da manobra¹⁶; e o raio (R), no caso de arcos. Quando N segue uma linha reta, a variável independente é a distância em linha reta, desde o início da manobra, nas metodologias da ICAO e da FAA. Já para a avaliação da manobra ao longo de um arco, a metodologia da ICAO utiliza o ângulo polar¹⁷ e a metodologia da FAA utiliza a distância percorrida sobre o arco. Feitos os devidos ajustes, as variáveis independentes das duas metodologias são equivalentes.

O *apêndice 1* da ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a) apresenta equações e ábacos para a avaliação de β quando N segue retas ou arcos. Já a metodologia equivalente da FAA é apresentada no *apêndice 10* da FAA AC 150/5300-13 (1989).

4.5.2.2 Ângulo de esterçamento das rodas

Caso uma roda com capacidade de esterçamento esteja posicionada fora do ponto N, o ângulo de esterçamento dessa roda será diferente de β . O *apêndice 10* FAA AC 150/5300-13 (1989) apresenta a Equação 4.5-2, que relaciona β e o ângulo de esterçamento da bequilha (β_{beq}) a partir da *base de rodas* (W_b) e do comprimento de referência da aeronave (d). O *apêndice 1* da ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a) apresenta uma tabela que relaciona β e β_{beq} para diversas razões (d/W_b), cujos valores são equivalentes ao da Equação 4.5-2.

$$\beta_{beq} = \text{atan}\left[\frac{W_b \times \tan(\beta)}{d}\right] \quad (4.5-2)$$

Caso uma dada trajetória da aeronave exija um β_{beq} muito elevado, a geometria deve ser alterada. Para o caso de arcos, deve-se aumentar o raio. O *apêndice 10* da FAA AC 150/5300-13 (1989) coloca que o limite máximo de projeto para o β_{beq} é de

¹⁶ O *apêndice 1* da ICAO Doc 9157 (2005a) apresenta a correspondência matemática entre β e o desvio do ponto U (λ) o qual é medido entre o ponto U e a reta ou arco, de forma que a reta desde U intercepte o arco ou reta de forma tangente. A norma também apresenta ábacos onde λ e β estão relacionados.

¹⁷ O ângulo polar que aparece na metodologia da ICAO inicia em 0° e vai até a convergência da manobra, quando β torna-se constante ao longo do arco. No ponto 0° a aeronave encontra-se posicionada a 90° em relação à reta tangente ao arco.

50°. Apurou-se que a ICAO coloca limite para β_{beq} somente no caso de *áreas de giro*, através da ICAO Annex 14 (2004a, p. 3-6), que limita β_{beq} a 45°.

4.5.2.3 Trajetória de pontos de interesse

De forma a atender-se às folgas do pavimento, folgas de ponta de asa e às áreas de segurança, é necessário conhecer-se as trajetórias de pontos extremos da aeronave como nariz, pontas de asa, estabilizadores e rodas. Para o cálculo das coordenadas retangulares dos pontos de interesse da aeronave, pode-se utilizar a Equação 4.5-3 e a Equação 4.5-4, as quais foram adaptadas pelo autor a partir das equações apresentadas na FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 146).

$$X_P = x_N - \varphi_1 \times d_x \times \cos(\alpha - \beta) + \varphi_2 \times \frac{d_y \times \sin(\alpha - \beta)}{2} \quad (4.5-3)$$

$$Y_P = y_N + \varphi_1 \times d_x \times \cos(\alpha - \beta) + \varphi_2 \times \frac{d_y \times \sin(\alpha - \beta)}{2} \quad (4.5-4)$$

Onde:

- X_P e Y_P são as coordenadas retangulares do ponto de interesse (P);
- X_N e Y_N são as coordenadas retangulares do ponto de referência da aeronave (N), posicionado sobre a trajetória;
- φ_1 e φ_2 são coeficientes utilizados para seleção da posição relativa entre P e N: para a porção da aeronave posicionada à frente de N, deve-se utilizar $\varphi_1=-1$; para o lado direito da aeronave deve-se utilizar $\varphi_2=-1$; e para as demais situações utilizar valores positivos desses coeficientes;
- d_x é a distância longitudinal absoluta entre N e P;
- d_y é a distância transversal absoluta entre N e P;
- α é o ângulo formado entre a linha tangente à linha guia, no ponto N, e o eixo x; e
- β é o ângulo de esterçamento da aeronave.

4.5.3 SOBRELARGURAS

De forma a atender-se às *folgas do pavimento* especificadas no item 4.3.4, e tendo-se em vista o desvio das rodas das aeronaves durante as curvas, sobrelarguras (*fillets*) podem ser necessárias nas TWs. O pavimento da sobrelargura deve possuir capacidade plena de suporte.

As variáveis envolvidas na decisão de prover-se ou não sobrelarguras são as seguintes: *wheel span* e comprimento de referência (d) da aeronave crítica¹⁸; largura da TW; raio do arco (R); posição inicial da aeronave antes de iniciar a curva; e *folga do pavimento*. A utilização de mudanças de direção mais gradativas e de raios mais avantajados ao longo do caminho de táxi pode eliminar a necessidade de prover-se sobrelarguras. Cabe lembrar-se que a análise dos desvios deve considerar o tráfego nos dois sentidos.

Para o dimensionamento de sobrelarguras, o *apêndice 1* da ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a) apresenta três métodos diferentes: *método gráfico*; *método arco e tangente*; e uma variação do método arco e tangente (*variant of arc and tangent method*).

O método gráfico consiste em: *i*) desenho das linhas de centro e das bordas das TWs que se interceptam; *ii*) cálculo do ângulo β ao longo da curva; *iii*) desenho da trajetória das rodas ao longo da manobra; e *iv*) desenho de uma sobrelargura, considerando-se a folga do pavimento (M), caso esta margem não possa ser atendida dentro da largura da TW. Os passos *iii*) e *iv*) podem ser realizados através da Equação 4.5-3 e da Equação 4.5-4. E a Figura 4.5-2 ilustra o método gráfico.

O método *arco e tangente* é uma simplificação geométrica, onde um arco concêntrico à curva e duas retas tangentes ao arco formam a sobrelargura. Neste caso existem apenas dois parâmetros geométricos a serem definidos: o raio da sobrelargura (r) e comprimento (L) ao longo do eixo da TW, desde o ponto em que a aeronave inicia a taxiar sobre a linha guia retilínea até o ponto em que a reta tangente ao arco intercepta a borda da TW. A geometria do *método arco e tangente* é mostrada na Figura 4.5-3. No *apêndice 1* da ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a) são apresentadas equações e ábacos para cálculo dos parâmetros r e L .

A ICAO apresenta também uma variação do *método arco e tangente* que consiste em utilizar quatro linhas retas ao invés de duas, diminuindo a área total do pavimento da *sobrelargura*. Para maiores detalhes, ver o *apêndice 1* da ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a).

O *apêndice 10* da FAA AC 150/5300-13 (1989) apresenta um método simplificado para o projeto de sobrelarguras, muito similar ao método *arco e tangente*. Equações são fornecidas para o cálculo de r e L .

¹⁸ No caso do B747 as rodas posicionadas sob a fuselagem, não são computadas no comprimento de referência da aeronave (d), pois possuem capacidade de esterçamento. Com isso, para a análise da folga do pavimento e para o projeto de sobrelarguras, d será menor do que d_x .

Figura 4.5-2 – Método gráfico para desenho de sobrelarguras. FONTE: ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. APP 1-22)

Figura 4.5-3 – Método arco e tangente para desenho de sobrelarguras. FONTE: Adaptado a partir da metodologia apresentada pela ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. 1-40)

4.5.4 RELAÇÃO ENTRE CURVAS E INTERSECÇÕES E OUTROS COMPONENTES, METODOLOGIAS E CONSIDERAÇÕES DE PROJETO

O deslocamento de partes da aeronave como rodas, nariz, pontas de asa e estabilizadores exige a devida consideração quanto às folgas e áreas de proteção.

Para a ICAO os componentes afetados são: sobrelarguras, faixa da TW, folgas entre aeronaves e objetos, folgas no pátio e BPs (barras de parada no sistema de *pistas de táxi*).

Para a FAA os componentes afetados são: sobrelarguras, OFAs das TWs, OFAs das TLs, TSA, folgas no pátio e BPs.

4.6 SEPARAÇÕES

Separações são distâncias mínimas a serem observadas entre componentes como RWs, TWs, TLs e posições do *pátio de aeronaves*. Folgas entre aeronaves e objetos ou outras aeronaves estão também relacionadas às separações. Os itens seguintes apresentam os *padrões* da ICAO e da FAA quanto às separações em um aeródromo.

4.6.1 SEPARAÇÃO ENTRE RWs PARALELAS

A ICAO e a FAA apresentam separações mínimas entre os eixos de RWs paralelas, dependendo de até três informações: *i)* nível de visibilidade/instrumentação; *ii)* natureza das operações nas RWs: uso simultâneo das RWs, operações segregadas, etc.; e *iii)* *grupo dinâmico*.

Os tópicos 4.6.1.1 e 4.6.1.2 apresentam as especificações da ICAO e da FAA, respectivamente.

4.6.1.1 Especificações da ICAO para separações entre RWs paralelas

A ICAO Annex 14 (2004a, p. 3-2) recomenda, para *pistas para aproximação visual*, destinadas ao uso simultâneo, as seguintes separações mínimas:

- **210m:** para os *grupos dinâmicos* 3 ou 4;
- **150m:** para o *grupo dinâmico* 2; e
- **120m:** para o *grupo dinâmico* 1.

Procedimentos para categorização de esteira de turbulência de aeronaves e para separações mínimas devido à turbulência são fornecidas na ICAO PANS-ATM (2007a), respectivamente no *item 4.9* e no *item 5.8* desta norma.

Já para o caso de operações por instrumentos, quando o uso simultâneo está sujeito às condições especificadas na ICAO PANS-ATM (2007a) e na ICAO PANS-OPS Volume I (2006c), a ICAO Annex 14 (2004a, p. 3-2) recomenda as seguintes distâncias entre os eixos das pistas:

- **1.035m:** para *aproximações paralelas independentes*¹⁹;
- **915m:** para *aproximações paralelas dependentes*²⁰;
- **760m:** para *decolagens paralelas independentes*²¹; e
- **760m:** para *operações paralelas segregadas*²².

Uma exceção à distância especificada acima para *operações paralelas segregadas* fica por conta do caso onde as pistas são decaladas (*staggered*)²³, ou seja, as extremidades são deslocadas longitudinalmente. Neste caso a separação de 760m:

- pode ser diminuída em 30m para cada 150m de *decalagem* favorável²⁴, até um mínimo de 300m; e
- deve ser aumentada em 30m para cada 150m de *decalagem* desfavorável.

Para *aproximações paralelas independentes*, combinações de distâncias mínimas e outras condições relacionadas que não as especificadas na ICAO PANS-ATM (2007a) podem ser aplicadas quando for determinado que estas combinações não irão afetar adversamente a segurança operacional das aeronaves.

Exigências quanto a procedimentos e instalações para operações simultâneas em pistas de aproximação de precisão paralelas ou quase-paralelas são apresentadas no: *Capítulo 6* da ICAO PANS-ATM Doc 4444 (2007); na *parte VI* da ICAO PANS-OPS Doc 8168 Volume I (2006c); nas *partes II e III* da ICAO PANS-OPS Doc 8168, Volume II (2006d); e na ICAO Doc 9643 (2004b).

¹⁹ Aproximações simultâneas em pistas paralelas, ou quase paralelas, por instrumento, onde não são prescritas as separações radar mínimas entre aeronaves nos prolongamentos dos eixos de pistas adjacentes.

²⁰ Aproximações simultâneas em pistas paralelas, ou quase paralelas, por instrumento, onde são prescritas as separações radar mínimas entre aeronaves nos prolongamentos dos eixos de pistas adjacentes.

²¹ decolagens simultâneas a partir de pistas paralelas ou quase paralelas operando por instrumentos.

²² Operações simultâneas, em pistas de operação por instrumento paralelas ou quase paralelas, nas quais uma pista é utilizada exclusivamente para aproximações e a outra pista é utilizada exclusivamente para decolagens.

²³ *Decalagem* é a tradução adotada para a palavra *stagger*, que se refere à distância longitudinal entre as *cabeceiras* de mesmo *heading* de duas RWs paralelas.

²⁴ A *decalagem* será favorável quando a aeronave em aproximação estiver mais próxima da primeira *cabeceira* e a que decola, o faz da *cabeceira* mais distante.

4.6.1.2 Especificações da FAA para separações entre RWs paralelas

As especificações são divididas entre operações VFR e IFR, conforme os itens 4.6.1.2.1 e 4.6.1.2.2.

4.6.1.2.1 Separação entre RWs paralelas para operações VFR simultâneas

A separação mínima *padrão* é de 214m. Mas a norma recomenda que para aeronaves dos *grupos geométricos V e VI* uma separação de 366m seja utilizada. No entanto, pode ser necessário aumentar-se essas distâncias devido à necessidade de acomodarem-se aeronaves em espera entre as duas *pistas de pouso e decolagem*. Pistas paralelas separadas em menos de 762m são tratadas como uma pista única pelo ATC quando a esteira de turbulência é considerada.

4.6.1.2.2 Separação entre RWs paralelas para operações IFR simultâneas

A separação longitudinal das aeronaves nas operações de pouso e decolagem pode ser reduzida ou substituída pelo uso de separação entre os eixos de duas RWs paralelas. Quando possível deve prover-se uma separação de 1.525m, o que permite operações totalmente independentes. Quando esta separação não é provida, valem as seguintes distâncias:

Aproximações simultâneas:

Aproximações de precisão requerem auxílios eletrônicos à navegação área e equipamentos de monitoramento, controle de tráfego aéreo e procedimentos de aproximação. As seguintes divisões se aplicam:

- **Aproximações duplas simultâneas de precisão:** normalmente a separação exigida é de 1.310m. Em uma análise caso-a-caso é possível reduzir-se esta separação para até 915m, mas isso exige ações mitigatórias como a melhoria dos equipamentos de monitoramento, etc.
- **Aproximações triplas simultâneas de precisão:** para aeroportos abaixo de 305m de elevação é normalmente requerida uma separação de 1.525m. Operações em elevações maiores do que 305m e/ou uso de separações menores do 1.525m estão sendo estudadas pela FAA. De forma provisória a FAA pode autorizar, caso-a-caso, a operação em separações tão baixas quanto 1.310m quando separações maiores não são possíveis e o aeródromo está a uma elevação menor do que 305m. Separações menores do que 1.525m podem exigir ações mitigatórias como melhoria dos equipamentos de monitoramento, etc.

- **Aproximações quádruplas simultâneas de precisão:** este tipo de aproximação está sob estudo. De forma provisória pode-se autorizar separações mínimas de até 1.525m, o que pode exigir ações mitigatórias, como melhoria dos equipamentos de monitoramento, etc.

Aproximações e saídas simultâneas:

As seguintes condições se aplicam:

- **Saídas simultâneas:** nem sempre exigem instalações de controle radar do tráfego.
 - Saídas simultâneas não radar: requerem uma separação de pelo menos 1.067m;
 - Saídas simultâneas radar: requerem uma separação de 762m;
- **Saídas e aproximações simultâneas (*operações segregadas*):**
 - Cabeceiras não decaladas: requerem uma separação de pelo menos 762m;
 - Cabeceiras favoravelmente decaladas: a separação de 762m pode ser reduzida até 305m a uma razão de 30m para cada 150m de *decalagem*. Para aeronaves dos *grupos geométricos V e VI* recomenda-se uma separação mínima não menor do que 366m.
 - Cabeceiras desfavoravelmente decaladas: Neste caso a distância mínima de 762m precisa ser aumentada em 30m para cada 152m de *decalagem*.

4.6.1.3 Relação entre separações em RWs paralelas e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

Além dos efeitos sobre as operações de pouso e decolagem, a separação entre RWs paralelas merece consideração quanto à *OFZ de transição interna*, quando à posição das BPRWs entre as RWs e quanto à possibilidade de acomodar-se PTSRs.

4.6.2 SEPARAÇÃO ENTRE RWs e TWs PARALELAS

A ICAO Annex 14 (2004a, p. 3-13) recomenda separações mínimas entre os eixos de RWs e TWs paralelas, conforme a Tabela 4.6-1. De acordo com o parágrafo 1.2.19 da ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a), estas distâncias são tais a proteger a *área geral da faixa da RW* (AGFRW). Assim, as distâncias da Tabela 4.6-1 correspondem à soma da metade da envergadura máxima de cada *grupo*

geométrico com a AGFRW de cada *grupo dinâmico*. Segundo a norma, estas distâncias mínimas podem ser flexibilizadas em condições especiais de operação, mediante estudo aeronáutico. A ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p.de 1-13 até 1-28) apresenta uma série de fatores a serem considerados para a flexibilização do padrão.

Tabela 4.6-1 – Separação *padrão* da ICAO entre RWs e TWs paralelas

Grupo geométrico	Pistas para aproximação por instrumentos				Pistas para aproximação visual			
	Grupo dinâmico				Grupo dinâmico			
	1	2	3	4	1	2	3	4
A	82,5m	82,5m	-	-	37,5m	47,5m	-	-
B	87m	87m	-	-	42m	52m	-	-
C	-	-	168m	-	-	-	93m	-
D	-	-	176m	176m	-	-	101m	101m
E	-	-	-	182,5m	-	-	-	107,5m
F	-	-	-	190m	-	-	-	115m

FONTE: ICAO Annex 14 (2004a, p.3-13)

Ainda, segundo a ICAO Annex 14 (2004a, p. 3-13), alguns fatores devem ser levados em consideração para a separação entre RWs e TWs, como: *a)* possibilidade de aeronaves aguardarem entre a RW e a TW; *b)* interferência sobre os sistemas ILS (*Instrument Landing System*) e MLS (*Microwave Landing System*); *c)* presença de PTSRs entre a RW e a TW; e *d)* possibilidade de as aeronaves manobrem entre a RW e a TW paralela. A seguir estes fatores são discutidos:

- a)* Neste caso a separação entre a *pista de táxi* e a *pista de pouso e decolagem* paralela não poderá ser menor do que a soma entre: *i)* a separação mínima entre o centro da TW e um objeto; *ii)* o comprimento da aeronave mais demandante; e *iii)* a distância da *barra de parada da RW* até o centro da RW.
- b)* A ICAO Annex 14 (2004a, p. 3-13) cita *ANEXOS C e D* da ICAO Annex 10 Volume I (2006b) como fonte para a avaliação da interferência sobre o ILS e o MLS, respectivamente;
- c)* Para o projeto de PTSRs ver item 4.3.6; e
- d)* Para a possibilidade de as aeronaves manobrem entre a RW e a TW ver item 4.5.

A FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 139) coloca que seus padrões de separação entre a RW e a TW paralela, mostrados na Tabela 4.6 2, são tais a proteger a RSA e a OFZ. A RSA será protegida desde que a soma entre a semi-envergadura máxima

de cada grupo geométrico e a semi-largura da RSA seja menor do que a separação entre a RW e a TW.

Comparando-se as especificações da Tabela 4.6-2 e da Tabela 4.7-2, verifica-se que a RSA é protegida pelo *padrão* de separação entre RWs e TWs. Já em relação à OFZ de transição interna não se pode dizer o mesmo, tendo-se em vista que as dimensões desta variam com a altitude. Verificou-se que a OFZ de transição interna só é garantida ao nível do mar. Conforme a altitude aumenta, deve-se avaliar a OFZ e se necessário, deve-se aumentar a separação. Ainda, verificou-se que o padrão de separação entre RWs e TWs não pode ser explicado somente pelo atendimento à RSA e OFZ de transição interna. As dimensões padrão especificadas sugerem que outros fatores tenham sido levados em conta para a elaboração do padrão.

Figura 4.6-1– Recomendações para separação entre uma RW e uma TW. FONTE: Criado a partir das recomendações da ICAO e da FAA sobre RWs e TWs paralelas

Tabela 4.6-2 – Padrão FAA para a separação entre RWs e TWs / TLs

Grupo geométrico	RWs visuais ou RWs com visibilidade de aproximação não menor do que 1.200m b c		RWs com visibilidade de aproximação menor do que 1.200m b c	
	A e B	C e D	A e B	C e D
I a	45m	-	60m	-
I	67,5m	90m	75m	120m
II	72m	90m	90m	120m
III	90m	120m	105m	120m
IV	120m	120m	120m	120m
V	-	d	-	d e
VI	-	150m	-	f

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p. de 14 até 15)

|a: aeronaves de pequeno porte somente.

|b: estas separações são para o nível do mar. Em elevações maiores deve-se considerar o efeito da OFZ.

|c: separações existentes que não atendam a esses *padrões* podem ser autorizadas pela FAA.

|d: para o *grupo geométrico V* o *padrão* depende da altitude: 120m (para altitudes menores do que 410m); 135m (para altitudes entre 410m e 2.000m) e 150m (para altitudes maiores do que 2.000m).

|e: para aproximações com visibilidade menor do que 800m, a separação aumenta para 150m mais a correção necessária para OFZ.

|f: para aproximações com visibilidade maior do que 800m, a separação é de 150m mais a correção de elevação necessária para a OFZ. Para visibilidade menor do que 800m, a separação aumenta para 168m mais a correção necessária para OFZ.

Ainda, a FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 12) destaca a importância de prover-se espaço para a construção de PTSRs entre a RW e a TW paralela. Neste caso, as seguintes distâncias são recomendadas:

- 120m para os *grupos geométricos I e II*;
- 150m para o *grupo geométrico III*; e
- 180m para os *grupos geométricos IV, V e VI*.

4.6.2.1 Relação entre separações RW/TW e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

A separação RW/TW deve considerar a *OFZ de transição interna*, a possibilidade de as aeronaves aguardarem entre a RW e a TW, o que por sua vez está relacionado ao *padrão* de folga entre aeronave e objetos em TWs. Outra questão é a possibilidade de construir-se uma PTSR entre a RW e a TW.

Para o caso da ICAO, o *padrão* de separação entre RWs e TWs segue o princípio de que aeronaves taxiando não podem invadir a *área geral da faixa da RW*. Para o caso da FAA o *padrão* de separação entre RWs e TWs segue o princípio de que aeronaves taxiando não podem invadir a RSA.

4.6.3 SEPARAÇÕES EM TWs e TLs

Diferentemente da *pista de pouso e decolagem*, onde as separações são derivadas do perfil de voo das aeronaves, nas *pistas de táxi*, os fatores mais importantes são a geometria das aeronaves e os desvios que estas apresentam ao taxiar.

Dependo da parte do aeródromo em que a aeronave se encontra, a velocidade de táxi varia, bem como os componentes adjacentes à rota de táxi. Isso faz com que

os riscos e os danos potenciais também variem. Daí a necessidade de diferenciar-se as *pistas de táxi* entre si e exigir-se margens diferentes.

Para a ICAO e para a FAA as aeronaves taxiam em pelos menos 4 tipos de vias: *pistas de táxi*, *pistas de táxi do pátio*, *pistas de táxi de acesso ao estacionamento de aeronaves*, e nas posições de estacionamento. A Figura 4.6-2 ilustra os diversos tipos de caminhos de táxi em um aeródromo.

As *pistas de táxi* e as *pistas de táxi do pátio* (*taxiways – TWs*) estão sujeitas aos mesmos *padrões*. As *pistas de táxi do pátio* diferenciam-se das demais TWs apenas por situar-se na borda do pátio.

As *pistas de táxi de acesso ao estacionamento de aeronaves* (*aircraft stand taxilanes* ou simplesmente *taxilanes - TLs*) possuem critérios de separação menos exigentes do que TWs, devido à menor velocidade nelas praticadas. As TLs têm a função de conectar as TWs com as posições de estacionamento.

Já os caminhos de táxi das posições de estacionamento obedecem aos critérios de separação discutidos no item 4.6.4.

Figura 4.6-2 – Rotas de táxi em um aeródromo. FONTE: Adaptado a partir de ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p.1-4)

4.6.3.1 Especificações da ICAO

A ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. 1-11) apresenta as separações entre os eixos de TWs paralelas, TWs e objetos e entre TLs e objetos, conforme a Tabela 4.6-3. A partir desta tabela, nota-se que as separações mínimas são compostas da

soma de três distâncias: envergadura ou semi-envergadura, folga do pavimento e uma margem adicional, referida como incremento.

Ainda, na Tabela 4.6-3 nota-se que X1 e X2 são iguais entre si, bem como Z1 e Z2. Aliás, os valores X1 e X2 correspondem ao critério *folga do pavimento* para *pistas de táxi*, discutido no item 4.3.4. Com isso, Z1 e Z2 tornam-se uma margem adicional de segurança, evitando colisões mesmo no caso de uma das aeronaves acidentalmente sair da sua *pista de táxi*. Esta margem serve também para facilitar o táxi, ao prover espaço extra. Já as margens X3 e Z3 são menores, com base na idéia de que as velocidades praticadas na *pista de táxi de acesso ao estacionamento de aeronaves* (TLs) são menores, e de que o nível de atenção é maior.

Tabela 4.6-3 – Padrão ICAO para separação entre *pistas de táxi* e entre estas e objetos

Separações	Grupo geométrico					
	A	B	C	D	E	F
ENTRE AS LINHAS DE CENTRO DE DUAS <i>PISTAS DE TÁXI</i> OU <i>PISTA DE TÁXI DO PÁTIO</i> :						
Envergadura (Y1)	15m	24m	36m	52m	65m	80m
+ desvio lateral máximo (X1)	1,5m	2,25m	3m	4,5m	4,5m	4,5m
+ incremento (Z1)	7,25m	7,25m	5m	10m	10,5m	13m
Total (V1)	23,75m	33,5m	44m	66,5m	80m	97,5m
ENTRE O CENTRO DE UMA <i>PISTA DE TÁXI</i> QUALQUER A NÃO SER UMA STAND TAXILANE E UM OBJETO						
1/2 Envergadura (Y2)	7,5m	12m	18m	26m	32,5m	40m
+ desvio lateral máximo (X2)	1,5m	2,25m	3m	4,5m	4,5m	4,5m
+ incremento (Z2)	7,25m	7,25m	5m	10m	10,5m	13m
Total (V2)	16,25m	21,5m	26m	40,5m	47,5m	57,5m
ENTRE A LINHA DE CENTRO DE UMA <i>PISTA DE TÁXI</i> DE ACESSO AO ESTACIONAMENTO DE AERONAVES E OBJETOS						
1/2 Envergadura (Y3)	7,5m	12m	18m	26m	32,5m	40m
+ desvio lateral máximo (X3)	1,5m	1,5m	2m	2,5m	2,5m	3m
+ incremento (Z3)	3m	3m	4,5m	7,5m	7,5m	7,5m
Total (V3)	12m	16,5m	24,5m	36m	42,5m	50,5m

FONTE: ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. 1-11)

4.6.3.2 Especificações da FAA

A FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 16) especifica separações mínimas entre TWs, TLs e entre estas e objetos. De forma coerente com estas separações, a norma coloca a OFA (*object free area*) como critério de separação.

Tabela 4.6-4 – Padrão FAA para separação entre *pistas de táxi* e entre estas e objetos

Padrão	Grupo geométrico					
	I	II	III	IV	V	VI
Separação TW/TW	21m	34,8m	46,2m	65,4m	81m	99m
<i>Folga de ponta de asa</i> para TW	6m	10,8m	10,2m	13,4m	16m	19m
Separação TL/TL	19,5m	29,5m	42,5m	60m	74,5m	91m
<i>Folga de ponta de asa</i> para TL	4,5m	5,5m	6,5m	8m	9,5m	11m

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p.16)

4.6.3.3 Relação entre separações em TWs e TLs e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

Para a ICAO, a *área geral da faixa da TW* é especificada com base na folga entre a aeronave e objetos. Para a FAA, a folga entre a aeronave e objetos em TWs e TLs deve ser tal a proteger a OFA da TW ou OFA da TL, respectivamente.

4.6.4 SEPARAÇÕES NAS POSIÇÕES DE ESTACIONAMENTO

De forma a proteger-se aeronaves que ingressam, permanecem ou deixam as posições de estacionamento, a ICAO e a FAA estabelecem folgas em relação ao terminal, outras aeronaves e objetos. Estas folgas devem também ser mantidas durante as manobras, o que exige uma análise das curvas descritas por pontas de asas, nariz e estabilizadores.²⁵ A área de estacionamento não deve ser confundida com as demais áreas do pátio onde se situam as TLs e TWs. A Figura 4.6-2 ilustra as diferenças entre TWs, TLs e a área de estacionamento.

A ICAO Annex 14 (2004a, p. 3-18) recomenda as separações mostradas na Tabela 4.6-5, a serem observadas entre as aeronaves, prédios e outros objetos fixos. Para posições de docagem do tipo nose-in, quando circunstâncias especiais assim justificarem, as seguintes separações podem ser reduzidas, onde o grupo geométrico é D, E ou F:

- Separação entre o nariz da aeronave e o terminal, incluindo qualquer ponte de passageiros fixa;
- Separação entre qualquer parte da aeronave e o estacionamento, na área equipada com orientação por azimuth através de um sistema de docagem visual.

²⁵ O item 4.5.2 trata da metodologia de cálculo de manobras.

Tabela 4.6-5 – Padrão ICAO para separação entre a aeronave e: outras aeronaves; terminais; e outros objetos fixos

Grupo geométrico					
A	B	C	D	E	F
3m	3m	4,5m	7,5m	7,5m	7,5m

FONTE: ICAO Annex 14 (2004a, p.3-18)

Já a FAA AC 150/5360-13 (1988a, p.29) propõe uma classificação das aeronaves em quatro grupos, a partir dos quais o documento apresenta orientações de projeto de terminais aeroportuários, inclusive para as posições de estacionamento. Estes grupos são:

- **Gate Type A:** aeronaves do grupo geométrico III;
- **Gate Type B:** aeronaves do grupo geométrico IV, cujo comprimento da fuselagem é menor do que 49m;
- **Gate Type C:** aeronaves do grupo geométrico IV, cujo comprimento da fuselagem supera 49m; e
- **Gate Type D:** aeronaves do grupo geométrico V.

Com base nestes grupos, a FAA AC 150/5360-13 (1988a, p. 30, 36, 41) apresenta separações para posições de estacionamento, ilustradas na Figura 4.6-3.

- **Separação nariz/terminal (nose to building clearance):** esta separação se aplica ao caso no qual as aeronaves taxiam até a posição de estacionamento e deixam-na com auxílio de trator rebocador (*taxi-in, push-out/power-out parking*). Este é o procedimento de estacionamento mais utilizado em aeroportos com grande movimentação, de forma a diminuir-se a área de pátio necessária para a manobra das aeronaves até o portão de embarque. No caso típico em que o nariz da aeronave fica próximo ao terminal (*nose-in*), a folga a ser adotada depende: da distância entre a bequilha e o nariz; do comprimento do trator rebocador; e da configuração do prédio. Caso o trator possa operar abaixo da aeronave e/ou abaixo do segundo piso, a folga entre o nariz e a parte mais saliente do prédio poderá ser menor. Para propósito de planejamento, as seguintes folgas são recomendadas: 9m para *gate type A*; 6m para *gate type B* e *gate type C*; e 4,5m para *gate type D*;
- **Separação entre a cauda e o terminal (nose to tail clearance):** esta separação é recomendada para o caso em que a aeronave movimenta-se por conta própria para chegar e sair da posição de estacionamento (*taxi-*

in/taxi-out parking), projetando o escape do sistema propulsor sobre o terminal. Devido aos efeitos adversos do *jet blast*, as separações necessárias entre a aeronave e o terminal serão maiores. Considerando uma velocidade de 50mph (80km/h), o documento recomenda a utilização de uma separação entre a aeronave e o terminal de: 149m para *gate type D*; 113m para *gate type C*; e 37m para *gate type A* e *gate type B*. O uso de *blast fences* e utilização de baixos níveis de empuxo no pátio podem reduzir estas separações.

- **Separação entre as extremidades da aeronave e prédios (*aircraft extremity to building clearances*):** deve ser de 6m, exceto para *inner pier gates*, onde a separação mínima é de 14m.
- **Separação entre as pontas das asas (*wingtip clearances*):** varia entre 6m e 7,5m, conforme a *Figura 4-10* da FAA AC 150/5360-13 (1988a, p. 41).

Figura 4.6-3 – Separações FAA para as posições de estacionamento. Adaptado a partir de informações da FAA AC 150/5360-13 (1988a, p. 30, 36, 41)

Percebe-se, no entanto, que os textos citados da ICAO e da FAA não apresentam folgas em relação a *vias de serviço*, veículos, equipamentos de serviço e pessoal, os quais são comuns entre o terminal e a aeronave estacionada. Portanto, para fins de planejamento e projeto desta área do aeródromo, as folgas fornecidas entre o terminal e a aeronave podem não ser suficientes.

4.6.4.1 Relação entre separações no pátio e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

As folgas especificadas para o pátio devem considerar a trajetória induzida pelo ângulo de esterçamento da aeronave. Devem seguir também as considerações referentes ao *jet blast*.

4.6.5 POSIÇÃO DAS BARRAS DE PARADA DA RW

Uma *barra de parada da RW (BPRW)* delimita a posição horizontal mais próxima do eixo da RW que pode ser ocupada por objetos móveis durante pousos e decolagens. BPRWs servem ao propósito de manter o entorno *da pista de pouso e decolagem* livre de outras aeronaves, veículos ou quaisquer objetos durante as operações de pouso e decolagem. Tendo-se em vista uma aeronave que taxia na direção da RW, esta deverá aguardar permissão de decolagem atrás da BPRW. E tendo-se em vista uma aeronave que acaba de pousar, a RW só será considerada livre para pouso quando esta aeronave já tiver passado completamente pela BPRW²⁶.

Barras de parada (BPs) também podem ser necessárias fora das proximidades da RW, em qualquer ponto do sistema de *pistas de táxi*, onde pontos de espera forem necessários. A Figura 4.6-4 ilustra BPs e BPRWs.

As normas apresentam especificações somente para as BPRWs. Na falta de critérios para BPs, conclui-se que sejam utilizadas as separações previstas para *pistas de táxi e pistas de táxi do pátio*.

Os *padrões e recomendações* para BPRWs são especificados com base em diversos fatores como o tipo de aproximação previsto, *grupo geométrico*, *grupo dinâmico*, elevação do aeródromo e elevação da *cabeceira*. Os itens 4.6.5.1 e 4.6.5.2 apresentam, respectivamente, os *padrões* da ICAO e da FAA para a posição de BPRWs.

²⁶ Isso está de acordo com os procedimentos da ICAO e da FAA. Para o caso da ICAO ver: o parágrafo 7.10.2 da ICAO Doc 4444 (2007). Para o caso da FAA ver: *Aeronautical Information Manual: Official Guide to Basic Flight Information and ATC Procedures* (Disponível em: http://www.faa.gov/air_traffic/publications/atpubs/aim/Chap4/aim0403.html), parágrafo 4-3-20.

Figura 4.6-4 – BPRWs e BPs. FONTE: Adaptado a partir do Google Earth

4.6.5.1 Padrões da ICAO para BPRWS

A posição das BPRWs deve obedecer aos *padrões* dimensionais da Tabela 4.6-6 e ainda, de forma a garantir-se que veículos e aeronaves não interfiram nos auxílios rádio à navegação aérea nem infrinjam: a OFZ; a *superfície de aproximação*; a *superfície de saída (take-off climb surface)*; ou uma área crítica/sensível do ILS/MLS.

Tabela 4.6-6 – Padrão ICAO para a separação entre a BPRW e o centro da RW

Tipo de pista	Grupo dinâmico / geométrico				
	1	2	3	4	4-F
Visual	30m	40m	75m	75m	75m
Não precisão	40m	40m	75m	75m	75m
Precisão, categoria I	60m b	60m b	90m a,b	90m a,b	107,5m a,b,c
Precisão, categorias II e III	-	-	90m a,b	90m a,b	107,5m a,b,c
Pista exclusiva de decolagem	30m	40m	75m	75m	75m

|a: Caso a *baía de espera (holding bay)*, BP da RW (*runway-holding position*) ou BP da *via de serviço (road-holding position)* estiverem em uma elevação menor que a *cabeceira*, a distância pode ser diminuída em 5m para cada metro de diferença de elevação, e desde que a *superfície de transição interna (inner-transitional surface)* não seja infringida.

|b: Esta distância pode necessitar de aumento, para evitar a interferência com auxílios-rádio à navegação aérea, particularmente com o indicador de trajetória de planeio (*glide path indicator*) e os localizadores (*localizer*). Informações sobre áreas críticas e de sensibilidade do ILS e MLS são providas, respectivamente, pelos apêndices C e G da ICAO Annex 10 (2006b).

Nota 1: a distância de 90m dos *grupos dinâmicos* 3 e 4 é baseada em uma aeronave com um estabilizador de altura 20m, com uma distância de 52,7m entre o nariz e parte mais alta do estabilizador e um nariz com altura de 10m. Sendo que essa aeronave fica na posição de espera com um ângulo de 45° ou mais em relação ao eixo da pista, estando fora da OFZ e sem ter que considerá-la para o cálculo da OCA/H.

Nota 2: a distância de 60m para o *grupo dinâmico* 2 baseia-se em uma aeronave com um estabilizador de 8m de altura, uma distância de 24,6m entre o nariz e o ponto mais alto de estabilizador, uma altura do nariz de 5,2m. Esta aeronave está na linha de espera com um ângulo de 45° ou mais em relação ao eixo da pista, não infringindo a OFZ.

lc: Esta distância é baseada em uma aeronave com um estabilizador de 24m de altura, uma distância de 62,2m entre o ponto mais alto do estabilizador e o nariz, tendo o nariz 10m de altura. Esta aeronave está na linha de espera em um ângulo de 45° ou mais em relação ao eixo da pista, não infringindo a OFZ.

FONTE: ICAO Annex 14 (2004a, p.3-17)

A ICAO Annex 14 (2004a, p. 3-16) recomenda que em elevações maiores do que 700m (2.300pés) a distância de 90m ou 107,5m, especificada na Tabela 4.6-6 para uma *pista de aproximação de precisão com grupo dinâmico* 4, precisa aumentar da seguinte forma:

- até uma elevação de 2.000m (6.600pés); 1m para cada 100m (330pés) em excesso de 700m (2.300pés);
- elevação em excesso de 2.000m (6.600pés) e até 4.000m (13.320pés); 13m mais 1,5m para cada 100m (330pés) em excesso de 2.000m (6.600pés); e
- elevação em excesso de 4.000m (13.320pés) e até 5.000m (16.650pés); 43m mais 2m para cada 100m (330pés) em excesso de 4.000m (13.320pés).

Para *pistas para aproximação de precisão* atendendo a aeronaves do *grupo dinâmico* 4, caso a BPRW estiver em uma elevação maior do que a da *cabeceira*, a distância indicada na Tabela 4.6-6 deve ser aumentada em 5m para cada metro de diferença de elevação, e ainda observando-se a *superfície de transição interna*.

4.6.5.2 Padrões da FAA para BPRWs

O padrão para a BPRW é mostrado na Tabela 4.6-7, sendo estas distâncias medidas perpendicularmente em relação ao centro da RW. BPRWs adicionais podem ser necessárias para prevenir que as aeronaves interfiram com o ILS.

Conforme a FAA AC 150/5300-13 (1989, p.139) os *padrões* de separação entre o centro da RW e uma *BPRW* são tais a excluir qualquer parte da aeronave que espera (nariz, ponta de asa, estabilizador etc.) da RSA e da OFZ.

Tabela 4.6-7 – Padrão FAA para separação entre a BPRW e o centro da RW

Grupo geométrico	RWs para aprox. visual ou RWs com visibilidade de aproximação não menor do que 1.200m		RWs com visibilidade de aproximação menor do que 1.200m	
	A e B	C e D f	A e B	C e D f
I a	38m	-	53m	-
I	60m b	75m	75m c	75m
II	60m b	75m	75m c	75m
III	60m d	75m	75m d	75m
IV	75m	75m	75m e	75m g
V	-	75m g	-	85m g
VI	-	85m g	-	85m g

|a: somente aeronaves de pequeno porte

|b: para aeronaves de pequeno porte esta separação vale 38m.

|c: para aeronaves de pequeno porte esta separação vale 53m.

|d: esta distância aumentada em 1m para cada 100m após a altitude de 1.554,5m.

|e: esta distância é aumentada em 1m para cada 100m acima do nível do mar.

|f: para todas as aeronaves do grupo dinâmico D estas distâncias aumentam em 1m para cada 100m acima do nível do mar.

|g para todas as aeronaves do grupo dinâmico C estas distâncias aumentam em 1m para cada 100m acima do nível do mar.

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p.de 14 até 15)

4.6.5.3 Relação entre os padrões para a posição da BPRW e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

A BPRW representa o limite para a presença de aeronaves na proximidade da RW, de modo que esta possa ser considerada livre pela torre de controle. De forma a tornar seguras as operações de pouso e decolagem, a posição da BPRW deve ser tal a proteger: *i)* as aeronaves que acidentalmente saiam lateralmente da RW (*veering-off*); *ii)* aquelas em vôo, próximas do solo, que tenham se desviado do centro da RW; e *iii)* contra a interferência que a aeronave que espera desempenha sobre os equipamentos de navegação, tendo-se em vista uma aproximação em curso na RW. A seguir trata-se da relação entre BPRW e outros componentes do aeródromo, tendo-se por base os tópicos *i* e *ii*.

Com base nas funções que cumprem os diversos componentes detalhados neste Capítulo, nota-se que os *veering-offs* são protegidos através do provimento das áreas de proteção que envolvem a RW. Já a OFZ protege as aeronaves em voo, próximas do solo, abaixo da *altura de decisão*. E de especial interesse é a *OFZ de transição interna*, que considera os objetos posicionados na área lateral à RW. Logo,

é de se esperar que as especificações quanto às BPRWs estejam relacionadas às especificações desses componentes.

4.6.5.3.1 ICAO

A *OFZ de transição interna* é exigida pela ICAO somente para *pistas para aproximação de precisão*. Já a faixa da RW é exigida, ou no mínimo recomendada, para todos os tipos de RWs. Analisando-se a Tabela 4.6-6, e tendo-se em vista a relação funcional recém discutida, chamam a atenção os seguintes apontamentos:

- **RWs para aproximação visual:** a posição da BPRW coincide com a semi-largura da *área geral da faixa da RW*;
- **RWs destinadas exclusivamente à decolagem:** a posição da BPRW coincide com a semi-largura da *área geral da faixa da RW*. No entanto, a ICAO especifica também separações mínimas entre o centro de uma RW e objetos móveis durante pouso e decolagem em *RWs para aproximação de precisão*. O atendimento a estes critérios leva à necessidade de aumento das distâncias previstas na Tabela 4.6-6, conforme os valores entre parênteses mostrados na Tabela 4.6-8;
- **RWs para aproximação de não precisão:** a posição da BPRW coincide com a semi-largura da *área geral da faixa da RW*, com exceção do *grupo dinâmico 1*, que apresenta um acréscimo de 10m; e
- **RWs para aproximação de precisão, CAT I, II e III:** para os grupos dinâmicos 2, 3 4, a posição da BPRW coincide com a *OFZ de transição interna*, tendo-se por base as aeronaves *padrão* citadas nas notas 1, 2 e c da Tabela 4.6-6. No entanto, para o *grupo dinâmico 1* não existe nenhuma observação descrevendo a geometria da aeronave considerada. Ainda, a *área geral da faixa da RW* não é atendida.

Tabela 4.6-8 – Distância entre uma RW e uma BPRW, considerando-se as especificações da área restrita da faixa da RW, para RWs para aproximação de precisão

Tipo de pista	Grupo dinâmico/ARC				
	1	2	3	4	4-F
Pista exclusiva de decolagem	30m (+15m)	40m(+5m)	75m(+0m)	75m(+0m)	75m(+2,5m)

FONTE: Adaptado a partir de ICAO Annex 14 (2004a, p.3.17 e p.3.7)

Lembra-se que as especificações para a BPRW possuem uma série de exceções e recomendações apresentadas no item 4.6.5, as quais incluem aumento da distância entre uma BPRW e a RW, com base no aumento da altitude do

aeródromo. Tais aumentos se aplicam a *pistas para aproximação de precisão* servindo aeronaves do *grupo dinâmico 4*. Como a *OFZ de transição interna* não é função da altitude, a OFZ não pode ser utilizada para justificar as maiores separações entre a BPRW e a RW. Por outro lado, como a *área geral da faixa da RW* não é atendida em *pistas para aproximação de precisão*, faria sentido uma maior proteção contra *veering-offs* em altitudes maiores, à medida que as aeronaves pousam e decolam a velocidades mais elevadas. Na mesma linha, faz sentido que a maior separação se aplique somente ao *grupo dinâmico 4*, também pela justificativa da maior velocidade praticada.

4.6.5.3.2 FAA

Os critérios para BPRWs são tais a proteger a RSA, a OFZ e os auxílios rádio à navegação aérea, conforme FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 139).

A FAA exige a observação da *superfície de transição interna* somente para RWs com visibilidade de aproximação menor do que 1.200m. Como discutido no item 4.7, as áreas estabelecidas pela FAA para proteção da RW são a RSA (*Runway Safety Area*) e a ROFA (*Runway Object Free Area*). Ambas as áreas são especificadas para todos os tipos de RWs.

Comparando-se as especificações, verifica-se diretamente que a separação entre a BPRW e a RW é igual ou maior que a semi-largura da RSA para todos os casos enumerados na Tabela 4.6-7 e na Tabela 4.7-2.

Uma análise semelhante mostra que os padrões para a ROFA não são atendidos, ou seja, uma BPRW pode estar contida na ROFA. Já o atendimento à *OFZ de transição interna* exige uma análise um pouco mais complexa, realizada a partir: *i)* da modelagem proposta no item 4.9.3.2, para a OFZ de transição interna; *ii)* da posição da BPRW, dada na Tabela 4.6-7; e *iii)* de dois cenários para a altitude do aeródromo. A partir dos cálculos obteve-se a altura da *OFZ de transição interna* sobre a BPRW, o que é mostrado na Tabela 4.6-9.

Caso o ponto mais alto de uma aeronave que espera para entrar na RW ou que tenha saído dela, seja mais baixo do que os valores da Tabela 4.6-9, então o *padrão* da BPRW é suficiente para garantir o atendimento da *OFZ de transição interna*, para um dado cenário de altitude e tipo de pista (CAT I ou CAT II e III). Para as células grifadas da Tabela 4.6-9, os valores apresentados são maiores do que a altura máxima do estabilizador de cada grupo de projeto, o que garante o atendimento da OFZ para as aeronaves posicionadas atrás da BPRW, esperando para entrar na RW ou deixando-a. Para as demais células, seria necessária a proposição de cenários

para a geometria da aeronave²⁷, bem como para posição da mesma em relação à RW (esperando perpendicular, esperando a 45°, deixando a RW, etc.).

Tabela 4.6-9 – Altura da OFZ de transição interna na BPRW (m)

Grupo geométrico	Elevação da <i>cabeceira</i> em relação ao nível do mar											
	0m			3.500m			0m			3.500m		
	CAT I			CAT I			CAT II e III			CAT II e III		
	A e B	C	D	A e B	C	D	A e B	C	D	A e B	C	D
I a	2,7	-	-	2,7	-	-	2,7	-	-	2,7	-	-
II a	2,7	-	-	2,7	-	-	2,7	-	-	2,7	-	-
I	19,5	19,5	19,5	9,0	9,0	14,8	17,1	17,1	17,1	9,0	9,0	14,8
II	18,6	18,6	18,6	8,1	8,1	14,0	15,9	15,9	15,9	8,1	8,1	14
III	17,5	17,5	17,5	10,3	7,0	12,8	14,3	14,3	14,3	10,2	6,6	12,8
IV	16,0	16,0	16,0	11,3	11,3	11,3	12,2	12,2	12,2	11,3	11,3	11,3
V	-	16,5	16,5	-	11,8	11,8	-	12,6	12,6	-	11,8	11,8
VI	-	15,0	15,0	-	10,4	10,4	-	10,6	10,6	-	9,9	9,9

|a: aeronave de pequeno porte.

FONTE: adaptado a partir da FAA AC 150/5300-13 (1989, p.14, 15 e 22)

Outra questão não tratada pela FAA é diferença de altura entre a BPRW e a *cabeceira*, a não ser pela exigência de atendimento à *OFZ de transição interna*.

Com base nos fatores apontados, percebe-se que pode ser necessária uma análise caso-a-caso para avaliar-se a violação da *OFZ de transição interna*, de forma que os padrões para BPRWs, mostrados na Tabela 4.6-7 podem necessitar de aumento.

4.7 ÁREAS DE PROTEÇÃO DA RW

Em adição à proteção do espaço aéreo vizinho a um aeródromo, as normas especificam áreas em solo que circundam a RW e se prolongam para fora, desde suas extremidades.

Para a ICAO, estas áreas são a *faixa da RW* e a *área de segurança de fim de pista* (*Runway End Safety Area* - RESA). Enquanto a primeira área forma um retângulo que envolve a RW e se estende até uma certa distância desde o final de pista ou *cabeceira*, a segunda inicia nas bordas da primeira e segue para fora, na direção do eixo estendido da RW, constituindo um retângulo em cada *cabeceira*. Para a FAA, as áreas de proteção da RW são a ROFA (*Runway Object Free Area*), a RSA (*Runway Safety Area*) e a RPZ (*Runway Protection Zone*). A Figura 4.7-1 ilustra essas áreas.

²⁷ altura do nariz, da ponta da asa, ou qualquer ponto crítico da aeronave, e da distância desse ponto em relação a um ponto de referência da aeronave

Figura 4.7-1 – Esquema das áreas de proteção da RW. FONTE: Modificado a partir das especificações da ICAO Annex 14 (2004a) e da FAA AC 150/5300-13 (1989)

A seguir são apresentadas as especificações da ICAO e da FAA para cada uma das áreas de proteção da RW.

4.7.1 ESPECIFICAÇÕES DA ICAO PARA A FAIXA DA RW

A ICAO Annex 14 (2004a, p. de 3-6 até 3-8) especifica *padrões* para a *faixa da RW* em relação a comprimento, largura, preparação (*grading*) e também quanto à presença de objetos.

Embora a norma não faça uma divisão explícita da *faixa da RW*, propõe-se a divisão desta área em três partes, com base nas diferenças de *especificação*. Além disso, a divisão aqui proposta facilita a *especificação* de outros *critérios de projeto*, à medida que certos componentes (como a *OFZ de transição interna* e a posição das *barras de parada da RW*) guardam relações com a *faixa da RW*. A divisão proposta consiste em: *área geral da faixa da RW* (AGFRW); *área preparada da faixa da RW* (APFRW); e *área restrita da faixa da RW* (ARFRW). O comprimento destas três áreas é igual, obedecendo às especificações do próximo parágrafo. A Figura 4.7-2 ilustra a posição destas três áreas dentro da faixa da RW.

Longitudinalmente, a *faixa da RW* deve conter a RW e qualquer zona de parada (*stopway*) associada. O comprimento desta faixa deve ser tal que a distância antes da *cabeceira* e depois do *final de pista* ou *stopway* (se disponível) seja de:

- 60m para o *grupo dinâmico 1*, caso a *pista de pouso e decolagem* seja operada por instrumentos;
- 30m para o *grupo dinâmico 1* caso trate-se de uma *pista para aproximação visual*; ou
- 60m para os *grupos dinâmicos 2, 3 e 4*.

Os itens 4.7.1.1, 4.7.1.2 e 4.7.1.3 estabelecem os demais *padrões* para cada uma das três áreas da *faixa da RW*. Cabe lembrar que cada uma das áreas inicia na borda da RW, acostamento ou *stopway*, se disponível. Assim, uma dada área deve atender aos critérios especificados para a área que a contém. Ainda, cabe mencionar que, não necessariamente, a largura da *área restrita da faixa RW* é menor do que a largura da *área preparada da faixa da RW*.

Figura 4.7-2 – Proposta de divisão da faixa da RW em três áreas. FONTE: Proposto pelo Autor

4.7.1.1 Área geral da faixa da RW (AGFRW)

A norma recomenda que objetos que não sejam estritamente necessários às operações sejam removidos da *faixa da RW*, formando-se uma área livre de objetos. Equipamentos indispensáveis devem ser montados sobre bases frangíveis²⁸. O *parágrafo 9.9* da ICAO Annex 14 (2004a) apresenta detalhes sobre equipamentos e instalações localizados na *faixa da RW*.

²⁸ Em caso de impacto, a base frangível quebra ou deforma-se, protegendo a aeronave. Essa base deve ser mais baixa o quanto possível, de forma a amenizar as consequências do eventual impacto com a aeronave.

A largura da *área geral da faixa RW* deverá estender-se simetricamente em relação ao eixo da RW e por todo o comprimento da *faixa da RW*, conforme as seguintes larguras, para ***pistas para aproximação de precisão***:

- 300m para os *grupos dinâmicos* 3 e 4; e
- 150m para os *grupos dinâmicos* 1 e 2;

Para ***pistas de aproximação de não-precisão*** a norma recomenda essas mesmas larguras.

Para ***pistas de aproximação visual*** a norma recomenda as seguintes larguras:

- 150m para os *grupos dinâmicos* 3 e 4;
- 80m para o *grupo dinâmico* 2; ou
- 60m para o *grupo dinâmico* 1.

A norma coloca que deve-se proteger as aeronaves considerando-se a possibilidade de suas rodas afundarem no solo. Para tanto, deve-se evitar estruturas situadas a uma profundidade menor do que 30cm. Como a superfície da *faixa da RW* deve estar em um nível similar àquele das áreas pavimentadas (*RW, acostamentos, stopways*), aconselha-se o uso de chanfros, de forma a oferecer-se uma transição na borda da área pavimentada, abaixo do nível do solo.

O parágrafo 3.4.15 da ICAO Annex 14 (2004a) recomenda que a declividade transversal da *área geral da faixa da RW* não exceda 5%, tomando-se a medida desde a RW.

4.7.1.2 Área preparada (*graded area*) da faixa da RW (APFRW)

Consiste em uma área preparada em termos de declividades e capacidade de suporte, destinada a reduzir os danos às aeronaves que acidentalmente saiam da RW (*veering-off*).

Para *pistas de aproximação por instrumentos*, a norma recomenda seguinte largura para a *área preparada da faixa da RW*:

- 150m para os *grupos dinâmicos* 3 e 4; ou
- 80m para os *grupos dinâmicos* 1 e 2;

Para os grupos dinâmicos 3 e 4 operando em *pistas para aproximação de precisão*, a norma recomenda um aumento da *área preparada da faixa da RW*, conforme a Figura 4.7-3.

Figura 4.7-3 –Área preparada da faixa da RW para os grupos dinâmicos 3 e 4 operando em pistas de aproximação de precisão. FONTE: ICAO Annex 14 (2004a, p. ATT A-9)

Para *pistas para aproximação visual*, a norma recomenda a seguinte largura para a *área preparada da faixa da RW*:

- 150m para os grupos dinâmicos 3 e 4;
- 80m para o grupo dinâmico 2; e
- 60m para o grupo dinâmico 1;

A superfície daquela porção da *área preparada da faixa da RW* adjacente à RW, *acostamento* ou *stopway* deve ser nivelada com a superfície da RW, *acostamento* ou *stopway*²⁹.

A norma recomenda que a porção da faixa da RW situada a 30m da *cabeceira* seja protegida contra a erosão, de forma a evitar-se os riscos que bordas expostas representam às aeronaves.

Os parágrafos 3.4.12, 3.4.13 e 3.4.14 da ICAO Annex 14 (2004a) apresentam recomendações para os limites máximos das declividades longitudinais e transversais na *área preparada da faixa da RW*.

Em relação à capacidade de suporte, a *área preparada da faixa da RW* deve ser tal a minimizar os riscos oriundos da diferença de capacidade de suporte.

4.7.1.3 Área restrita da faixa da RW (ARFRW)

Aplica-se a *pistas para aproximação de precisão*. A norma estabelece que nenhum objeto fixo, com exceção de auxílios visuais, é permitido dentro de uma área centrada na RW, com a seguinte largura:

- 155m em uma RW de aproximação de precisão, de categorias I, II ou III, caso o ARC seja 4-F;
- 120m em uma RW de aproximação de precisão, de categorias I, II ou III caso o grupo dinâmico seja 3 ou 4; ou

²⁹ Texto original: *The surface of that portion of a strip that abuts a runway, shoulder or stopway shall be flush with the surface of the runway, shoulder or stopway.* Parágrafo 3.4.10 da ICAO Annex 14 (2004a).

- 90m em uma *RW* de aproximação de precisão, categoria I caso o grupo dinâmico seja 1 ou 2;

Nenhum objeto móvel pode ocupar a *área restrita da faixa da RW* durante pouso ou decolagem de uma aeronave.

4.7.1.4 Relação entre faixa da RW e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

A *área geral da faixa da RW* (AGFRW) exclui aeronaves taxiando, sendo utilizada como critério para definir a separação entre uma RW e uma TW.

A *área restrita da faixa da RW* (ARFRW) é utilizada para especificação das superfícies da OFZ e também para limitar objetos móveis na proximidade de uma pista para aproximação de precisão, mesmo quando uma decolagem é conduzida.

A faixa da RW guarda relação também com as distâncias declaradas, que definem seu início e fim nas extremidades da RW. Além disso, define a posição de início da RESA.

4.7.2 ESPECIFICAÇÕES DA ICAO PARA A RESA (RUNWAY END SAFETY AREA)

A RESA é uma área retangular situada na extremidade da RW, sendo adjacente à *faixa da RW*. Sua função é minimizar os riscos às aeronaves que pousem antes ou depois da *cabeceira* (*undershooting* e *overrunning*).

A ICAO Annex 14 (2004a, p. 3-8) exige que uma *área de segurança de fim de pista* (*runway end safety area - RESA*) seja provida para o grupo dinâmico 3 ou 4 ou ainda para os grupos dinâmicos 1 e 2, caso a RW seja provida de aproximação por instrumentos. Esta área inicia na *faixa da pista de pouso e decolagem* e deve se estender por pelo menos 90m.

A norma encoraja a utilização de um comprimento maior, que é de 240m para os grupos dinâmicos 3 e 4 e de 120m para os grupos dinâmicos 1 e 2.

Já a largura desta área deve ser de pelo menos o dobro da largura da *pista de pouso e decolagem* a ela associada. A norma recomenda que se utilize uma largura igual à da *área preparada da faixa da pista de pouso e decolagem*.

A RESA deve oferecer uma área limpa e nivelada para as aeronaves às quais a RW é destinada, no caso de uma aeronave realizar o toque antes de alcançar a *cabeceira* ou ultrapassar acidentalmente o fim da pista. A RESA não pode conter instalações que não sejam estritamente necessárias.

O *parágrafo 9.9* da ICAO Annex 14 (2004a) apresenta detalhes sobre equipamentos e instalações localizados na RESA.

Os *parágrafos 3.5.8, 3.5.9 e 3.5.10* da ICAO Annex 14 (2004a) apresentam recomendações sobre as declividades longitudinais e transversais na RESA. O *parágrafo 5.3.22* da ICAO Doc 9157 Parte 1 (2006a) apresenta informações sobre capacidade de suporte para uma RESA.

4.7.2.1 Relação entre a RESA e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

A RESA guarda relação com a faixa da RW, pois se inicia no final desta. Como a faixa da RW é especificada com base em distância declaradas, a posição da RESA também está sujeita a distâncias declaradas.

4.7.3 ESPECIFICAÇÕES DA FAA PARA A ROFA (*RUNWAY OBJECT FREE AREA*)

A FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 23) estabelece a ROFA como uma área livre de objetos, centrada na RW, na qual os objetos permitidos são: auxílios visuais, auxílios rádio à navegação aérea, equipamentos necessários à movimentação de aeronaves, além do táxi e espera de aeronaves. Objetos não essenciais à navegação ou movimentação não devem estar na ROFA. Isso inclui aeronaves estacionadas e operações agrícolas. A Tabela 4.7-1 apresenta as dimensões padrões da ROFA, sendo que W representa a largura e L representa o comprimento após o final da RW. Aconselha-se que o comprimento da ROFA seja aumentado, se possível.

Para o caso de distâncias declaradas (quando TORA, TODA, ASDA e LDA diferem entre si) ver o item 4.7.6 que discorre sobre o *referencial* para a distância L.

4.7.3.1 Relação entre a ROFA e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

A ROFA guarda relação com a RSA, pois seu comprimento nos finais de pista não pode exceder o comprimento desta área no final de pista. Guarda relação também com as distâncias declaradas.

Tabela 4.7-1 – Padrão FAA para a ROFA

Grupo geométrico	A e B				C e D	
	RWs visuais ou RWs com visibilidade de aproximação não menor do que 1.200m b		RWs com visibilidade de aproximação menor do que 1.200m b			
	W	L c	W	L c	W	L *b
I a	75m	72m	240m	180m	-	-
I	120m	72m	240m	180m	240m	300m
II	150m	90m	240m	180m	240m	300m
III	240m	180m	240m	240m	240m	300m
IV	240m	300m	240m	300m	240m	300m
V	-	-	-	-	240m	300m
VI	-	-	-	-	240m	300m

|a: somente aeronaves de pequeno porte.

|b: adotar as dimensões correspondentes à *cabeceira* com a menor visibilidade permitida.

|c: O comprimento da ROFA não deve superar o comprimento da RSA.

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p. de 25 até 26-1)

4.7.4 ESPECIFICAÇÕES DA FAA PARA A RSA (RUNWAY SAFETY AREA)

A FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 21) estabelece a RSA como uma área de segurança centrada na *pista de pouso e decolagem*. Os seguintes critérios se aplicam à RSA:

- Deve ser limpa e nivelada, sem sulcos, protuberâncias, depressões ou outras variações de superfície;
- Drenada, seja por abaulamento, seja pelo uso de bocas de lobo, para evitar acúmulo de água;
- Capaz de suportar, sob condições secas, equipamento de remoção de neve, equipamentos de resgate e combate a incêndio e a passagem eventual de aeronaves sem induzir danos à mesma;
- Livre de objetos, exceto aqueles que precisarem estar na RSA devido à sua função. Objetos com mais de 7,6cm devem estar montados sob bases frangíveis, com o ponto frangível a uma altura menor do que 7,6cm.
- A especificação P-152 da FAA AC 150/5370-10 apresenta informações sobre a compactação do solo de uma RSA.

As dimensões da RSA são mostradas na Tabela 4.7-2, onde W representa a sua largura, L₁ o comprimento antes da *cabeceira* e L₂, o comprimento depois do final da pista.

Tabela 4.7-2 – Dimensões *padrão* da FAA para a RSA

Grupo geométrico	A e B						C e D		
	RWs de aproximação visual ou RWs com visibilidade de aproximação não menor do que 1.200m b			RWs com visibilidade de aproximação menor do que 1.200m b					
	W	L ₁	L ₂ c d	W	L ₁	L ₂ c d	W e	L ₁	L ₂ c d
I a	36m	72m	72m	90m	180m	180m	-	-	-
I	36m	72m	72m	90m	180m	180m	150m	180m	300m
II	45m	90m	90m	90m	180m	180m	150m	180m	300m
III	90m	180m	180m	120m	180m	240m	150m	180m	300m
IV	150m	180m	300m	150m	180m	300m	150m	180m	300m
V	-	-	-	-	-	-	150m	180m	300m
VI	-	-	-	-	-	-	150m	180m	300m

|a: aeronaves de pequeno porte.

|b: adotar as dimensões correspondentes à *cabeceira* com a menor visibilidade permitida.

|c: quando uma RW possui uma zona de parada (stopway - SWY) o comprimento é em relação ao final da SWY.

|d: o comprimento pode ser igualado àquele anterior à *cabeceira*, caso um EMAS (*Enginnering Materials Arresting System*) seja construído e caso seja oferecida orientação vertical (*vertical guidance*) por instrumentos ou visual, na direção oposta da RW. Ver AC 150/5220-22.

|e: Para os ARCs C-I e C-II uma largura de 120m é permissível.

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p. de 25 até 26-1)

O fato de a RSA apresentar aspectos fora dos *padrões* não deve ser entendido como uma possibilidade de flexibilização dos *padrões*. Ao contrário, deve-se continuamente melhorar uma RSA até que ela atenda a todas as especificações, incluindo o tratamento dado aos NAVAIDS (*Navigational Aids*).

Uma RSA com terreno acidentado pode levar à necessidade de torres reforçadas para acomodar luzes de aproximação, contidas na sua área. Ainda, se o terreno adjacente à RSA for mais baixo do que esta, pode haver a necessidade de alocação de equipamentos como o ILS na área da RSA. Ambos os aspectos justificam cuidados com o nivelamento do terreno, na RSA e nas suas adjacências.

Para o caso de distâncias declaradas (quando TORA, TODA, ASDA e LDA diferem entre si) ver o item 4.7.6 que discorre sobre o referencial para as distâncias L₁ e L₂.

4.7.4.1 Relação entre a RSA e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

A RSA guarda relação com a ROFA, pois esta não pode excedê-la e também com as distâncias declaradas.

Ainda, serve de critério para a separação entre uma RW e uma TW, por excluir aeronaves taxiando. Além disso, exclui aeronaves em espera, o que a torna um critério para a posição da BPRW.

4.7.5 ESPECIFICAÇÕES DA FAA PARA A RPZ (*RUNWAY PROTECTION ZONE*)

A FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 13, 276) especifica dois tipos de RPZs: a RPZ de aproximação (*approach RPZ*) e a RPZ de saída (*departure RPZ*). Uma pista que opera pousos e decolagens terá duas RPZs em cada extremidade. Caso a *cabeceira* coincida com o final de pista, as RPZs estarão sobrepostas, iniciando a 60m da *cabeceira*, ou a 60m do final de pista. Estas dimensões são apresentadas na Tabela 4.7-3, e variam de acordo com o tipo de aeronave e o nível de visibilidade associado à extremidade da pista.

No entanto, para a RPZ de saída, dimensões diferentes são aplicáveis, conforme a Tabela 4.7-4, iniciando-se 60m após o final da TORA.

A área central da RPZ possui a mesma largura da ROFA. Já a área de atividade controlada fica nas laterais, ou seja, entre as bordas da ROFA e da RPZ.

Tabela 4.7-3 – RPZ de aproximação e saída para RW utilizada em toda a extensão

Visibilidade mínima de aproximação	Tipo de aeronave	Dimensões			
		Comprimento <i>L</i>	Largura interna <i>W₁</i>	Largura externa <i>W₂</i>	Área
RW de aproximação visual ou RW com visibilidade não menor do que 1.600m	Aeronaves de pequeno porte	300m	75m	135m	31.500m ²
	<i>Grupos dinâmicos A e B</i>	300m	150m	210m	54.000m ²
	<i>Grupos dinâmicos C e D</i>	510m	150m	303m	115.515m ²
Visibilidade não menor do que 1.200m	Todas as aeronaves	510m	300m	453m	192.015m ²
Visibilidade menor do que 1.200m	Todas as aeronaves	750m	300m	525m	309.375m ²

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p.19)

Apesar de ser desejável remover todos os objetos da RPZ, alguns usos desta área são permitidos, desde que não atraiam vida selvagem, estejam fora da ROFA e não interfiram com auxílios à navegação aérea. Estacionamentos de automóveis, apesar de desencorajados, são permitidos, desde que estas instalações estejam localizadas fora da *área central da RPZ*. Instalações de armazenamento de combustíveis não são permitidas na RPZ.

Tabela 4.7-4 - RPZ de saída para distâncias declaradas

Tipo de aeronave	Comprimento L	Largura interna W_1	Largura externa W_2	Área
Aeronaves de pequeno porte pertencendo aos <i>grupos dinâmicos</i> A e B	300m	75m	135m	31.500m ²
Aeronaves de grande porte pertencendo aos <i>grupos dinâmicos</i> A e B	300m	150m	210m	54.000m ²
Aeronaves pertencendo aos <i>grupos dinâmicos</i> C e D	510m	150m	303m	115.515m ²

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p.276)

Figura 4.7-4– Geometria da RPZ. FONTE: Criado a partir das descrições da RPZ na FAA AC 150/5300-13 (1989)

Locais de aglomeração de pessoas (igrejas, escolas, hospitais, prédios comerciais, *shopping centres*, etc.) não são permitidos nesta área.

Quando não for possível controlar-se toda a área da RPZ, os *padrões* possuem caráter de *recomendação* para a porção de área que o aeroporto não domina.

4.7.5.1 Relação entre a RPZ e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

A RPZ guarda relação com as distâncias declaradas.

4.7.6 USO DE DISTÂNCIAS DECLARADAS PARA ROFA E RSA

Os seguintes critérios devem ser observados para a RSA e ROFA quanto à **decolagem**, lembrando-se que o comprimento de ambas é a soma de: uma distância prévia à *cabeceira*, o comprimento da RW e uma distância posterior ao *final de pista*.

- **No início da RW:** a RSA e a ROFA precisam se estender para trás do início da corrida de decolagem para continuar a OFA da taxiway de acesso à RW e prover proteção contra o *jet blast*. A porção de pista atrás deste início é indisponível para consideração na corrida de decolagem, distância de decolagem ou distância de aceleração e parada;
- **No final da RW:** o comprimento após o *final de pista* deve iniciar após o final da ASDA. A porção da RW depois do final da ASDA não pode ser considerada disponível nos cálculos de comprimento de distância de aceleração e parada.

Os seguintes critérios devem ser observados para a RSA e a ROFA quanto ao **pouso**:

No início da RW: o comprimento a considerar inicia na *cabeceira*, sendo a distância antes desta não computável como distância de pouso;

No final da RW: a distância deve iniciar no final da LDA. Distâncias após o final da LDA não são computáveis como distâncias de pouso.

4.7.7 REFERENCIAL LONGITUDINAL DAS ÁREAS DE PROTEÇÃO DA RW

As especificações da faixa da RW e da RESA levam em conta dois pontos de referência: *i)* a *cabeceira*; e *ii)* o final da RW ou o final da SWY (se disponível). A FAA, por sua vez, utiliza quatro pontos de referência diferentes ao especificar a ROFA e a RSA, dependendo se a operação é de pouso ou decolagem: *i)* **decolagem:** distância anterior ao início da TORA e distância posterior ao final da ASDA; e *ii)* **pouso:** distância anterior à *cabeceira* e distância posterior ao final da LDA.

Admitindo-se que a faixa da RW, a RESA, a ROFA e a RSA cumprem funções similares³⁰, torna-se oportuna uma análise da posição relativa entre estas áreas, dada a complexidade introduzida pelo uso de *referenciais* diferentes para as

³⁰ Ao oferecerem proteção contra riscos que incluem *undershoots*, *overruns*, *veering-offs* e interferência nos auxílios rádio à navegação aérea.

especificações. Essa complexidade é aumentada pela necessidade de avaliação da RW para os dois sentidos, caso as operações assim demandem.

A Figura 4.7-5 e a Tabela 4.7-5 esquematizam os referenciais em questão a partir das especificações da ICAO e da FAA. A Figura 4.7-5 mostra, para um caso genérico, os *referenciais* da faixa da RW, da RESA, da ROFA e da RSA, considerando-se operações de pouso e decolagem nos dois sentidos. Dada a variabilidade imposta pela *base de especificação*, a posição longitudinal de uma dada área está sujeita a um perfil de extensão e de distância desde o *referencial*. A Figura 4.7-5 mostra essa faixa de variação, bem como a sua configuração mínima, adotando-se as especificações mínimas. Para fins de exemplificação, cita-se o caso de uma operação de pouso efetuada da esquerda para a direita. O *referencial* para as áreas da ICAO (faixa da RW e RESA) e da FAA (ROFA e RSA) será a *cabeceira*.

- A **faixa da RW** deverá estender-se a uma distância que varia entre 30m e 60m da *cabeceira*, longitudinalmente para fora da RW. Neste caso a distância mínima será de 30m, ou seja, necessariamente qualquer ponto a menos do que 30m da *cabeceira*, deve estar inserido na faixa da RW, independentemente das variáveis de *especificação*;
- A **RESA** inicia na borda da faixa da RW. Portanto, sua posição inicial, desde a *cabeceira*, varia entre 30m e 60m. Como o seu comprimento varia entre 90m e 240m, a posição final poderá ser de até 300m. Já a posição mínima está entre 60m e 120m, ou seja, necessariamente qualquer ponto situado entre 60m e 120m da *cabeceira*, deve estar inserido na RESA, independentemente das variáveis de *especificação*;
- A **ROFA** é especificada somente para o final da RW ou LDA ou ASDA; e
- A **RSA** deverá estender-se a uma distância que varia entre 72m e 180m da *cabeceira*, longitudinalmente para fora da RW. Neste caso a distância mínima será de 72m, ou seja, necessariamente qualquer ponto a menos do que 72m da *cabeceira*, deve estar inserido na RSA, independentemente das variáveis de *especificação*.

Por sua vez, a Tabela 4.7-5 mostra a faixa de variação e as variáveis associadas a cada *especificação*. Esta tabela também apresenta fórmulas para o cálculo do comprimento total da faixa da RW, da ROFA e da RSA.

Cabe notar-se que, para a *faixa da RW* e para a RESA, não existe uma *especificação* para a extremidade da RW onde inicia uma decolagem. No entanto, isso não causa estranheza, pois *undershootings*, *overrunings*, *veering-offs* e interferência nos auxílios rádio à navegação aérea não são riscos associados a esta extremidade, nesta situação. Ainda para ROFA e a RSA, na situação descrita, também não existem especificações, a não ser recomendações quanto ao atendimento à OFA da TW adjacente, e quanto aos riscos do *jet blast*.

As situações apresentadas na Figura 4.7-5 e na Tabela 4.7-5, implicam possível sobreposição entre as quatro áreas consideradas. Neste caso, deve-se considerar a combinação mais demandante de cada uma das áreas de proteção.

Figura 4.7-5 – Referencial longitudinal para as áreas de proteção da RW. FONTE: Adaptado a partir das especificações da ICAO Annex 14 (2004a) e da FAA AC 150/5300-13 (1989)

Tabela 4.7-5 – Referencial longitudinal para as áreas de proteção da RW

Colunas	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
Linhas	Referência na extremidade da RW	Faixa da RW		RESA				ROFA		RSA	
		Comprimento		Comprimento		Posição		Comprimento		Comprimento	
		Variáveis	Faixa de variação (m)	Variáveis	Faixa de variação (m)	Variáveis	Faixa de variação (m)	Variáveis	Faixa de variação (m)	Variáveis	Faixa de variação (m)
L1	Comprimento anterior à cabeceira a	TP _{ICAO} ; GD _{ICAO}	30-60	-	-	Inicia na Faixa da RW		TP _{FAA} ; GD _{FAA} ; GG _{FAA}	72-300	TP _{FAA} ; GD _{FAA} ; GG _{FAA}	72-180
L2	Comprimento anterior ao início da TORA b	-	-	-	-	-	-	Deve ser de forma a proteger-se contra o <i>jet blast</i> e de acordo com a TOFA da TW de acesso à RW.			
L3	Comprimento posterior ao final de pista ou stopway (se disponível)	TP _{ICAO} ; GD _{ICAO}	30-60	-	-	Inicia na Faixa da RW		-	-	-	-
L4	Comprimento após a ASDA b d	-	-	-	-	-	-	TP _{FAA} ; GD _{FAA} ; GG _{FAA}	72-300	TP _{FAA} ; GD _{FAA} ; GG _{FAA}	72-300
L5	Comprimento após a LDA a d	-	-	-	-	-	-	TP _{FAA} ; GD _{FAA} ; GG _{FAA}	72-300	TP _{FAA} ; GD _{FAA} ; GG _{FAA}	72-300
L6	Comprimento total	TP _{ICAO} ; GD _{ICAO} ; L _{RW}	L1C3+L _{RW} +L3C3	TP _{ICAO} ; GD _{ICAO}	90-240	-	-	TP _{FAA} ; GD _{FAA} ; GG _{FAA} ; L _{RW}	(L1C9 ou L2C9)+(L4C9 ou L5C9)+L _{RW} c	TP _{FAA} ; GD _{FAA} ; GG _{FAA}	(L1C11 ou L2C11)+(L4C11 ou L5C11)+L _{RW} c

FONTE: Compilado a partir das especificações contidas na ICAO Annex 14 (2004a) e na FAA AC 150/5300-13 (1989).

|a: aeronave que pousa. **|b:** aeronave que decola. **|c:** dependendo se a aeronave pousa ou decola. **|d:** o comprimento da ROFA além do final de pista não pode ser maior do que o comprimento da RSA.

4.8 ÁREAS DE PROTEÇÃO DA TW

A ICAO estabelece a *faixa da TW*, conforme o item 4.8.1. Já a FAA exige a observação de duas áreas: a *OFA da TW* (TOFA) conforme o item 4.8.2, e a *área de segurança da TW* (*taxiway safety area - TSA*), conforme o item 4.8.3.

4.8.1 ESPECIFICAÇÕES DA ICAO PARA A FAIXA DA TW

A ICAO Annex 14 (2004a, p. 3-15) exige que as *pistas de táxi* estejam inseridas em uma *faixa da pista de táxi*. Esta exigência se aplica a *pistas de táxi*, com exceção das TLs e com inclusão das *pistas de taxi do pátio*.

Propõe-se nesta dissertação a separação da *faixa da TW* em duas áreas: *área geral da faixa da TW*; e *área preparada da faixa da TW*, com base nas diferenças de especificação entre estas duas porções da faixa da TW. A *área geral da faixa da TW* compreende a largura total prevista para esta faixa, contendo a *área preparada da faixa da TW*. Assim, a *área preparada da faixa da TW* está sujeita aos mesmos critérios da *área geral da faixa da TW* e também a critérios específicos. A Figura 4.8-1 ilustra a divisão proposta.

Figura 4.8-1 – Proposta de divisão da faixa da TW em duas áreas. FONTE: Proposto pelo autor

4.8.1.1 Área geral da faixa da TW (AGFTW)

A *faixa da TW* deve ser uma área livre de objetos que possam representar riscos às aeronaves que taxiam. O *parágrafo 9.9* da ICAO Annex 14 (2004a) apresenta detalhes sobre a instalação de equipamentos na *faixa da TW*. Estruturas de drenagem devem ser adequadamente projetadas, de forma prevenir danos às aeronaves que acidentalmente saiam da pista (*veering-off*). A declividade transversal, medida desde a TW, não deve exceder 5%.

A norma recomenda que a largura da *faixa da TW* seja dobro dos valores V2, da Tabela 4.6-3, para cada um dos *grupos geométricos* especificados, garantindo-se dessa forma a distância mínima entre o eixo da *pista de táxi* e os objetos. Dessa forma, aeronaves estão excluídas da *faixa da TW*.

4.8.1.2 Área preparada (*graded area*) da faixa da TW (APFTW)

A *área preparada da faixa da TW* deve possuir a largura indicada na Tabela 4.8-1. A superfície da *faixa da TW* deve ser nivelada com a superfície da *TW* ou *acostamento*, se disponível³¹.

O *parágrafo 3.11.5* da ICAO Annex 14 (2004a) apresenta recomendações para os limites máximos das declividades transversais na *área preparada da faixa da TW*.

Tabela 4.8-1 – Largura padrão ICAO para a área preparada da faixa da TW

Largura padrão	Grupo geométrico					
	A	B	C	D	E	F
	22m	25m	25m	38m	44m	60m

FONTE: ICAO Annex 14 (2004a, p. 3-16)

4.8.1.3 Relação entre a faixa da TW e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

A *área geral da faixa da TW* exclui outras aeronaves, o que a torna um critério para a separação entre TWs e para a folga entre a aeronave e objetos.

A *área preparada da faixa da TW* serve de *padrão* para a largura mínima da área com capacidade plena de suporte para TWs sobre pontes.

4.8.2 ESPECIFICAÇÕES DA FAA PARA A ÁREA LIVRE DE OBJETOS DA TW (TAXIWAY OBJECT FREE AREA - TOFA) E DA TL

Na OFA da TW ou TL não podem estar localizadas *vias de serviço*, aeronaves estacionadas nem objetos acima do nível do solo, além daqueles necessários à navegação ou movimentação de aeronaves. Veículos podem operar dentro da OFA desde que mantenham separação adequada, dando passagem às aeronaves.

Quanto às dimensões, a FAA especifica duas OFAs diferentes: uma para a TWs e outra para as TLs.

A OFA da TW é centrada nas *pistas de táxi* e nas *pistas de táxi* do *pátio*, sendo sua largura apresentada na Tabela 4.8-2. Além disso, a FAA AC 150/5300-13

³¹ Texto original: *The surface of the strip should be flush at the edge of the taxiway or shoulder, if provided..()*. *Parágrafo 3.11.5* da ICAO Annex 14 (2004a).

(1989, p. 16) coloca que larguras diferentes podem ser estabelecidas para a OFA da TW, conforme a Equação 4.8-1, onde as distâncias são dadas em metros e S representa a envergadura da aeronave crítica.

Tabela 4.8-2 – Largura padrão da OFA da TW

Item	Grupo geométrico					
	I	II	III	IV	V	VI
Largura OFA da TW	27m	40m	57m	79m	97m	118m

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 39)

$$W_{OFA_TW} = 1,4 \times S + 6 \quad (4.8-1)$$

Alternativamente, a OFA da TW pode ser provida com base em folgas de ponta de asa, como as mostradas na Tabela 4.8-3. Além disso, a FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 16) coloca que folgas de ponta de asa diferentes podem ser estabelecidas para a OFA da TW, conforme a Equação 4.8-2, onde as distâncias são dadas em metros e S representa a envergadura da aeronave crítica.

Tabela 4.8-3 – Padrão de folga OFA da TW

Item	Grupo geométrico					
	I	II	III	IV	V	VI
Folga de ponta de asa da TW	6m	8m	10,5m	13,5m	16m	19m

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 41)

$$W_{folga_TW} = 0,2 \times S + 3 \quad (4.8-2)$$

No caso de curvas nas TWs, deve-se prover as folgas de ponta de asa da Tabela 4.8-3 ou da Equação 4.8-1, considerando a trajetória da ponta de asa. Para a análise da trajetória, ver item 4.5.

Em instalações existentes onde não seja possível o atendimento das folgas de ponta de asa, a FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 34) permite, temporariamente, o deslocamento da linha guia para fora da curva (*offsetting*), através do uso de um raio mais amplo para o arco, conforme a Equação 4.8-3. Nesta equação R representa o raio atual e d o comprimento de referência da aeronave. Lembra-se que o aumento do raio do arco aumenta a folga no lado interno da curva, mas diminui a folga no lado externo. Por isso, deve-se verificar o atendimento das folgas de ponta de asa tanto no lado interno quanto externo da curva.

$$R_{novo} = \sqrt{R^2 + d^2} \quad (4.8-3)$$

A OFA da TL, por sua vez é centrada nas TLs. A Tabela 4.8-4 apresenta os *padrões* de largura da OFA da TL e das folgas de ponta de asa. A Equação 4.8-4 e a Equação 4.8-5 podem ser usadas para o caso em que a aeronave crítica possui uma envergadura menor do que a máxima do *grupo geométrico*. Nestas equações S é a envergadura da aeronave crítica e a unidade é metros.

Tabela 4.8-4 – Largura *padrão* da OFA da TL (m)

Item	<i>Grupo geométrico</i>					
	I	II	III	IV	V	VI
Largura OFA da TL	24m	35m	49m	68m	84m	102m
Folga de ponta de asa da TL	4,5m	5,5m	6,5m	8m	9,5m	11m

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p.41)

$$W_{OFA_TL} = 1,2 \times S + 6 \quad (4.8-4)$$

$$W_{folga_TL} = 0,1 \times S + 3 \quad (4.8-5)$$

Caso existam duas TLs paralelas, a largura da OFA total será igual à:

$$W_{OFA_TL_dupla} = 2,3 \times S + 9 \quad (4.8-6)$$

Nas curvas, deve-se prover as folgas da Tabela 4.8-4, tendo-se em vista a trajetória de ponta de asa, conforme a metodologia apresentada no item 4.5.

4.8.2.1 Relação entre a OFA da TW e da TL e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

A OFA da TW e a OFA da TL são utilizadas como critério para separações em TWs e TLs, respectivamente, tanto para a distância entre estas áreas como para folga da aeronave em relação a objetos.

4.8.3 ESPECIFICAÇÕES DA FAA PARA A ÁREA DE SEGURANÇA DA TW (TSA)

Conforme a FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 33) a TSA é centrada na TW e suas dimensões *padrão* são mostradas na Tabela 4.8-5.

Tabela 4.8-5 – Largura *padrão* da FAA para a TSA

Largura da TSA	<i>Grupo geométrico</i>					
	I	II	III	IV	V	VI
	15m	24m	36m	52m	65m	80m

FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 33)

A TSA deve ser:

- Livre de objetos e sem sulcos, elevações, depressões ou outras variações de superfície;
- Drenada, seja por abaulamento, seja por bocas de lobo, para prevenir acúmulo de água;
- Capaz de suportar, sob condições secas equipamentos de remoção de neve, resgate e combate a incêndio, bem como ser capaz de suportar a passagem eventual de aeronaves sem induzir-lhes danos;
- Livre de objetos, exceto aqueles que precisarem estar na TSA devido à sua função. Objetos com mais de 7,6cm devem estar montados sob bases frangíveis, com o ponto frangível a uma altura menor do que 7,6cm; e
- A *especificação P-152* da FAA AC 150/5370-10 apresenta informações sobre a compactação do solo de uma TSA.

Segundo a FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 142), a TSA oferece espaço para resgate e combate a incêndio. Para tanto, sua largura deve ser, no mínimo, igual à envergadura da aeronave mais demandante.

4.8.3.1 Relação entre a TSA e outros componentes, metodologias e considerações de projeto

A TSA serve de *padrão* para a largura mínima da área com capacidade plena de suporte para TWs sobre pontes.

4.9 OFZ

De forma a proteger-se o espaço aéreo para as aeronaves que chegam e deixam um aeródromo, a ICAO e a FAA estabelecem uma série de superfícies delimitadoras de objetos, as quais formam uma geometria complexa, que se origina na vizinhança da *pista de pouso e decolagem* e se estende por quilômetros. A geometria definida por estes planos não pode ser infringida por objetos como árvores, antenas, linhas de transmissão, prédios ou quaisquer outros objetos oriundos de atividade humana ou natural. A delimitação de objetos através destas superfícies evita o aparecimento de obstáculos, que poderiam resultar em situações operacionais mais restritivas, como o estabelecimento de mínimos de visibilidade mais elevados. O *Capítulo 4* da ICAO Annex 14 (2004a) apresenta os *padrões e recomendações* da ICAO para a proteção do espaço aéreo utilizado pelas

aeronaves que chegam e deixam um aeródromo. A *Parte 77* da EUA e-CFR Title 14 (2010), por sua vez, apresenta os *padrões e recomendações* da FAA para o assunto.

Conforme diminui a visibilidade mínima permitida, as *RWs* exigem uma proteção ainda mais restritiva, conhecida como *obstacle free zone* – OFZ, definida na vizinhança imediata de cada uma das *RWs* de um aeródromo. A OFZ é composta por um conjunto de superfícies, cuja altura aumenta com o distanciamento da *RW* e cuja proteção depende da exclusão de objetos fixos e móveis, com exceção de estruturas de baixa massa, montadas em bases *frangíveis* e indispensáveis à navegação aérea.

Como consequência da geometria e da posição da OFZ, esta é um critério chave para a posição de *pistas de táxi*, *barras de parada da pista de pouso e decolagem*, *baías de espera* e outras estruturas, em relação à *RW*.

O item 4.9.1 apresenta as especificações da ICAO e da FAA para a OFZ. Já o item 4.9.3 apresenta uma modelagem para uma superfície da OFZ em especial, que é a *OFZ de transição interna*, a qual é um critério chave para a posição de diversos componentes em relação à *RW*, como *BPRWs*, *pistas de táxi* e *baías de espera*.

4.9.1 ESPECIFICAÇÕES DA ICAO E DA FAA PARA A OFZ

O item 4.9.1.1 apresenta as especificações da ICAO e o item 4.9.1.2 apresenta as especificações da FAA.

4.9.1.1 ESPECIFICAÇÕES DA ICAO PARA A OFZ

Conforme os critérios da ICAO, a OFZ só é aplicável a *pistas para aproximação de precisão*, sendo construída pela união de até três superfícies: superfície de aproximação interna, *superfície de transição interna* e *superfície de pouso interrompido*. Juntas, as superfícies da OFZ protegem as aeronaves durante aproximações perdidas (*missed approach*), pousos interrompidos (*balked landing*) e pouso (*landing*). Estas superfícies são ilustradas na Figura 4.9-1. Os itens 4.9.1.1.1, 4.9.1.1.2 e 4.9.1.1.3, respectivamente, tratam cada uma dessas superfícies.

Figura 4.9-1 –Superfícies da OFZ conforme ICAO. FONTE: Adaptado a partir da ICAO Annex 14 (2004a, p. 4-3)

4.9.1.1.1 SUPERFÍCIE DE APROXIMAÇÃO INTERNA

A *superfície de aproximação interna* (*inner approach surface*) possui a forma de um retângulo inclinado. A ICAO Annex 14 (2004a, p. 4-3) descreve os limites de tal superfície:

- uma aresta interna coincidente com a aresta interna da *superfície de aproximação*³², porém com um comprimento próprio especificado;
- duas laterais que se originam nas extremidades da aresta interna e se estendem paralelamente ao plano vertical contendo a linha de centro da *pista de pouso e decolagem*; e
- uma aresta externa paralela à aresta interna.

Para dimensões ver Tabela 4.9-1.

4.9.1.1.2 SUPERFÍCIE DE TRANSIÇÃO INTERNA

Conforme a descrição da ICAO Annex 14 (2004a, p. 4-4), os limites da *superfície de transição interna* compreendem:

³² A posição desta aresta é especificada com base em uma distância da *cabeceira*, possuindo e mesma elevação do ponto central da *cabeceira* e sendo ortogonal ao eixo da RW.

- uma aresta limítrofe inferior que inicia no final da *superfície de aproximação interna* e se estende para baixo da lateral da *superfície de aproximação interna* em direção à aresta inferior daquela superfície. A partir daí segue por todo o comprimento da *faixa da pista de pouso e decolagem*³³, paralelamente à RW, em direção à aresta inferior da superfície de pouso interrompida (*balked landing surface*) e então segue a lateral da superfície de pouso interrompida até o ponto onde a lateral intercepta a *superfície horizontal interna*³⁴; e
- uma aresta delimitadora superior localizada no plano da *superfície horizontal interna*.

A elevação de um ponto na aresta limítrofe inferior deve ser:

- a) ao longo da lateral da *superfície de aproximação interna* e da *superfície de pouso interrompido* – igual à elevação da superfície particular naquele ponto; e
- b) ao longo da *faixa da pista de pouso e decolagem* – igual à elevação do ponto mais próximo no eixo da pista ou sua extensão.

Como consequência de b), a *superfície de transição interna* ao longo da faixa será curva caso o perfil da *pista de pouso e decolagem* seja curvo, ou uma linha reta caso o perfil da *pista de pouso e decolagem* seja uma linha reta. A intersecção da *superfície de transição interna* com a *superfície horizontal interna* também será curva ou reta dependendo do perfil da *pista de pouso e decolagem*.

A declividade da *superfície de transição interna* deve ser medida em um plano vertical a ângulos retos com o eixo da pista de pouso e decolagem.

Para dimensões ver Tabela 4.9-1.

4.9.1.1.3 SUPERFÍCIE DE POUSO INTERROMPIDO

A *superfície de pouso interrompido* (*balked landing surface*) é um plano inclinado localizado a uma distância específica após a *cabeceira*, estendendo-se entre a *superfície de transição interna*. Seus limites são descritos na ICAO Annex 14 (2004a, p. 4-4):

- uma aresta interna horizontal e perpendicular ao eixo da *pista de pouso e decolagem* e localizada a uma distância específica após a *cabeceira* no sentido da operação de pouso;

³³ A largura da superfície de transição interna coincide com a largura da *área restrita da faixa da RW*.

³⁴ A *superfície horizontal interna* consiste de um plano horizontal situado a 45m de altura, tomando-se como base a elevação de referência do aeródromo (*datum elevation*).

- duas laterais originando-se nos extremos da aresta interna e divergindo uniformemente a uma razão específica a partir de um plano vertical contendo o eixo da pista; e
- uma aresta externa paralela à aresta interna e localizada no plano da *superfície horizontal interna*.

A elevação da aresta interna deve ser igual à elevação do eixo da RW no local da aresta interna.

A declividade da *superfície de pouso interrompido* deve ser medida no plano vertical contendo o eixo da *pista de pouso e decolagem*. Assim, a declividade, quando medida em um plano vertical ortogonal ao eixo da pista, será a mesma da *superfície de transição interna*.

Considerando-se que a declividade da *superfície de pouso interrompido* é maior do que a declividade da superfície de aproximação interna, a superfície de pouso interrompido oferecerá proteção somente caso inicie-se após a *cabeceira* da extremidade oposta. Para tanto, a *cabeceira* da extremidade oposta deve estar posicionada antes do final da pista e ainda, a menos do que 1.800m da *cabeceira* de referência.

Para dimensões ver Tabela 4.9-1.

Tabela 4.9-1 – Padrões ICAO para as superfícies da OFZ

Superfície e Dimensões a	Grupo dinâmico	
	1 e 2	3 e 4
APROXIMAÇÃO INTERNA		
Largura	90m	120m d
Distância da <i>cabeceira</i>	60m	60m
Comprimento	900m	900m
Declividade longitudinal	1:40 (vertical:longitudinal)	1:50 (vertical:longitudinal)
TRANSIÇÃO INTERNA		
Declividade transversal	1:2,5 (vertical:transversal)	1:3 (vertical:transversal)
POUSO INTERROMPIDO		
Comprimento da aresta interna	90m	120m d
Distância da <i>cabeceira</i>	b	1.800m c
Divergência lateral (cada lado)	1:10 (transversal: longitudinal)	1:10 (transversal: longitudinal)
Declividade longitudinal	1:25 (vertical:horizontal)	1:30 (vertical:horizontal)

OBS.: Convenciona-se o sentido longitudinal como uma reta pertencente ao plano horizontal, paralela ao eixo da RW. Já o sentido transversal pertence ao plano horizontal e é ortogonal ao eixo da RW.

|a: todas as dimensões são medidas horizontalmente, a menos que outra especificação seja feita.

|b: distância até o final da *faixa da pista de pouso e decolagem*.

|c: ou o final da pista, vale o que for menor.

|d: onde o código é *F*, a largura é aumentada para 155m.

FONTE: ICAO Annex 14 (2004a, p.4-6)

4.9.1.2 ESPECIFICAÇÕES DA FAA PARA A OFZ

A FAA estabelece as seguintes superfícies delimitadoras, como parte da OFZ: ROFZ; *OFZ de precisão*; *OFZ de aproximação interna*; e *OFZ de transição interna*. Dependendo da visibilidade mínima permitida e de outros fatores operacionais, nem todas são necessárias. Os itens 4.9.1.2.1, 4.9.1.2.2, 4.9.1.2.3 e 4.9.1.2.4 descrevem cada uma das superfícies previstas, indicando também a situação na qual são necessárias. A Figura 4.9-2 ilustra uma OFZ destinada a aeronaves de grande porte, com visibilidade de aproximação menor do que 1.200m em uma RW com *cabeceira* deslocada.

Figura 4.9-2 –Superfícies da OFZ conforme FAA, destinada a aeronaves de grande porte, com visibilidade de aproximação menor do que 1.200m em uma RW com *cabeceira* deslocada.
FONTE: FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 31)

4.9.1.2.1 OFZ DA RW (RUNWAY OFZ – ROFZ)

A FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 22) estabelece a ROFZ como um volume de espaço aéreo centrado na *pista de pouso e decolagem* cuja elevação em qualquer ponto é a mesma elevação do ponto mais próximo na linha de centro da RW. A ROFZ se estende 60m após cada *final de pista*.

Sua largura para RWs que servem somente aeronaves pequenas é de:

- 90m para visibilidade mínima de aproximação menor do que 1.200m;
- 75m para visibilidade mínima de aproximação maior do que 1.200m, servindo aeronaves com *velocidade de aproximação* maior do que 93km/h (50nós);
- 36m para visibilidade mínima de aproximação maior do que 1.200m, servindo aeronaves com *velocidade de aproximação* menor do que 93km/h (50nós);

Para RWs servindo *aeronaves de grande porte* a largura deve ser de 120m.

4.9.1.2.2 OFZ DE APROXIMAÇÃO INTERNA (INNER-APPROACH OFZ)

A FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 22) estabelece a *OFZ de aproximação interna* como um volume de espaço aéreo centrado na área de aproximação, aplicável somente a RWs com sistema de iluminação.

A *OFZ de aproximação interna* começa a 60m da *cabeceira*, na mesma elevação desta e se estende 60m após a última luz do sistema de iluminação de pouso. Possui a mesma largura da ROFZ e sobe em um plano inclinado de 1(*vertical*):50(*longitudinal*) por toda sua extensão.

4.9.1.2.3 OFZ DE TRANSIÇÃO INTERNA (INNER-TRANSITIONAL OFZ)

A FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 22) estabelece a *OFZ de transição interna* como um volume de espaço aéreo ao longo das bordas da ROFZ e da *OFZ de aproximação interna*. Aplica-se somente a pistas com visibilidade mínima de aproximação menor do que 1.200m. Sua geometria depende do tipo de aeronave, como segue:

- **Aeronaves de pequeno porte:** sobe em um plano inclinado de 1(*vertical*):3(*transversal*), na direção ortogonal ao centro da RW, a partir das bordas da ROFZ e da *OFZ de aproximação interna* até uma altura de 45m sobre a elevação oficial do aeroporto.

- **Aeronaves de grande porte:** neste caso a geometria depende do procedimento de aproximação, como segue:

- CAT I: inicia nas bordas da ROFZ e da *OFZ de aproximação interna*, então sobe verticalmente até uma altura H_1 definida pela Equação 4.9-1 (onde S corresponde à envergadura mais demandante e E representa a altitude da *cabeceira*. Nesta equação todas as variáveis estão em metros). A partir daí sobe em um plano inclinado 1(*vertical*):6(*transversal*) até uma altura de 45m sobre a elevação de referência do aeroporto.

$$H_1 = 18,4 - 0,094 \times S - 0,003 \times E \quad (4.9-1)$$

- CAT II e III: inicia nas bordas da ROFZ e da *OFZ de aproximação interna*, então sobe verticalmente até uma altura H_2 definida pela Equação 4.9-2 (onde S corresponde à envergadura mais demandante e E representa a altitude da *cabeceira*. Nesta equação todas as variáveis estão em metros). A partir daí sobe em um plano inclinado 1(*vertical*):5(*transversal*) até uma distância Y do centro da RW, definida pela Equação 4.9-3 (onde todas as variáveis estão em metros). A partir daí a *OFZ de transição interna* é igual àquela da CAT I, subindo em um plano com inclinação 1(*vertical*):6(*transversal*) até a altura de 45m sobre a elevação de referência do aeroporto. Isso é ilustrado na Figura 4.9-3.

$$H_2 = 16 - 0,13 \times S - 0,0022 \times E \quad (4.9-2)$$

$$Y = 132 + 1,08 \times S - 0,024 \times E \quad (4.9-3)$$

Verificou-se que as equações para Y e H são tais a produzir uma *OFZ de transição interna* idêntica após a distância Y , para as categorias de aproximação CAT I e CAT II/III, em RWs servindo *aeronaves de grande porte*. A partir da Figura 4.9-3, verifica-se que as duas *OFZs de transição interna* irão coincidir após a distância Y caso possuam a mesma altura neste ponto, o que implica:

$$H_1 + \frac{Y-w_f}{6} = H_2 + \frac{Y-w_f}{5} \quad (4.9-4)$$

Substituindo-se os valores de H_1 , H_2 e Y pela Equação 4.9-1, pela Equação 4.9-2 e pela Equação 4.9-3, respectivamente, as variáveis envergadura e altitude se anulam, resultando $w_f = 60$. Esta é justamente a semi-largura *padrão* da ROFZ para *aeronaves de grande porte*.

Figura 4.9-3 –Geometria da *OFZ de transição interna* da FAA. FONTE: Adaptado a partir de descrições da FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 22)

4.9.1.2.4 OFZ DE PRECISÃO (PRECISION OFZ - POFZ)

A FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 23) estabelece a POFZ como um volume de espaço aéreo sobre uma área que inicia na *cabeceira* da RW, na elevação da *cabeceira*, se estende por uma distância de 60m, antes da *cabeceira*, e possui 240m de largura. A POFZ é centrada na RW e deve ser observada nas seguintes condições operacionais:

- Aproximação verticalmente guiada;
- Teto informado abaixo de 250pés e/ou visibilidade menor do que 3/4 de milha terrestre (ou RVR abaixo de 4.000pés).
- Uma aeronave em aproximação final mais perto do que 2 milhas da *cabeceira*.

Nestas condições, a asa de uma aeronave que espera na *pista de táxi* para entrar na RW pode penetrar na POFZ, porém nem a fuselagem nem o estabilizador podem infringi-la.

A POFZ é aplicável a todos os finais de pista, incluindo-se *cabeceiras* deslocadas.

4.9.2 RELAÇÃO ENTRE A OFZ E OUTROS COMPONENTES, METODOLOGIAS E CONSIDERAÇÕES DE PROJETO

A OFZ é um critério chave para posição de RWs, BPRWs e *pistas de táxi*, em relação a uma RW.

Para a ICAO, a *especificação* da OFZ está relacionada à *área restrita da faixa da RW*.

Ainda, a OFZ da ICAO e da FAA guardam relação com as distâncias declaradas.

4.9.3 METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA OFZ DE TRANSIÇÃO INTERNA

Tanto para a ICAO quanto para a FAA, a *OFZ de transição interna* é formada por linhas retas, o que permite uma abordagem matemática comum às duas. A modelagem consiste em relacionar um ponto de interesse da aeronave com a superfície da *OFZ de transição interna* e com a posição da aeronave em relação à RW, admitindo-se a RW como origem do sistema cartesiano.

Na modelagem proposta, avalia-se a violação da *OFZ de transição interna* em duas situações: a aeronave espera para entrar na RW; e a aeronave deixa a RW, logo após o pouso. Para o primeiro caso, propõe-se que três pontos da aeronave sejam considerados: nariz; estabilizador; e ponta da asa. Para o segundo caso, não é necessário analisar-se a violação da *OFZ de transição interna* pelo nariz, pois o estabilizador e a asa serão mais críticos. A Figura 4.9-4 ilustra estas duas condições, os pontos de interesse para avaliação e as variáveis associadas a estes pontos e à posição da aeronave.

Conhecendo-se as coordenadas dos pontos de interesse, a *OFZ de transição interna* pode ser avaliada de duas formas: calculando-se a folga (Δ) estabelecida entre o ponto e a *OFZ de transição interna*, com base na coordenada desse ponto sobre o eixo y ; e calculando-se a coordenada y associada a uma dada folga. Convenciona-se que tal folga deverá ser positiva para que a OFZ seja atendida. Caso a elevação do terreno sobre o qual a aeronave se situa for maior do que a elevação da *cabeceira*³⁵, a folga deverá ser maior do que essa diferença de elevação. A Figura 4.9-5 ilustra a geometria e as variáveis que relacionam a coordenada y dos pontos com a folga.

³⁵ A OFZ é construída com base na altitude da *cabeceira*.

Figura 4.9-4 – Vista superior da geometria utilizada para modelagem da *OFZ de transição interna*. FONTE: Proposto pelo autor

Figura 4.9-5 – *OFZ de transição interna* para uma aeronave que espera para entrar na RW. FONTE: Adaptado a partir de descrições da ICAO Annex 14 (2004a, p. 4-4) e da FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 22)

Com base na Figura 4.9-5, é possível escrever-se:

$$\Delta = dec \times (P_y - w_f) - P_z \quad (4.9-5)$$

Onde: Δ representa a folga entre a *OFZ de transição interna* e um dado ponto de interesse da aeronave; dec representa a declividade da *OFZ de transição interna*; w_f representa a semi-largura da área próxima à RW³⁶, a partir da qual inicia-se a *OFZ de transição interna*; e y_{nar} , y_{est} e y_{asa} e z_{nar} , z_{est} e z_{asa} denotam a posição dos pontos de interesse da aeronave sobre os eixos y e z , respectivamente.

³⁶ Para a ICAO esta área é a *área restrita da faixa da RW* e para a FAA é a *ROFZ*.

Assim, o nariz será representado pelo ponto NAR (y_{nar}, z_{nar}), sendo as duas coordenadas, dados de entrada.

O estabilizador será representado pelo ponto EST (y_{est}, z_{est}), sendo z_{est} um dado de entrada. Quando a aeronave analisada espera para entrar na RW, y_{est} pode ser calculado por:

$$y_{est} = y_{nar} + l_{est} \times \sin(ang) \quad (4.9-6)$$

Onde l_{est} é a distância entre o nariz da aeronave e o estabilizador, medida sobre o eixo longitudinal da aeronave.

E quando a aeronave analisada sai da RW, y_{est} pode ser calculado por:

$$y_{est} = y_{nar} - l_{est} \times \sin(ang) \quad (4.9-7)$$

A ponta da asa será representada pelo ponto ASA (y_{asa}, z_{asa}), sendo z_{asa} um dado de entrada. Quando a aeronave analisada espera para entrar na RW, y_{asa} pode ser calculado por:

$$y_{asa} = y_{nar} + l_{asa} \times \sin(ang) - \frac{env}{2} \times \cos(ang) \quad (4.9-8)$$

Onde l_{asa} é a distância entre o nariz da aeronave e o a ponta da asa, medida sobre o eixo longitudinal da aeronave e onde env é a envergadura da aeronave.

E quando a aeronave analisada sai da RW, y_{asa} pode ser calculado por:

$$y_{asa} = y_{nar} - l_{asa} \times \sin(ang) + \frac{env}{2} \times \cos(ang) \quad (4.9-9)$$

Conhecida a relação entre y_{nar} , y_{est} e y_{asa} , pode-se obter diretamente o valor de Δ para cada um dos três pontos, a partir da Equação 4.9-5. Para o caso em que a aeronave espera para entrar na RW, o nariz é o ponto de referência *padrão* nas equações. Para o caso em que a aeronave sai da RW, utiliza-se diretamente a posição do estabilizador em relação à RW para avaliar a folga do estabilizador, e utiliza-se diretamente a posição da asa em relação à RW para avaliar a folga da asa.

As seguintes relações são aplicáveis ao caso em que a aeronave espera para entrar na RW, e fornecem, respectivamente, a folga no nariz, estabilizador ou ponta de asa, relacionada a um dado y_{nar} :

$$\Delta NAR = dec \times (y_{nar} - w_f) - z_{nar} \quad (4.9-10)$$

$$\Delta EST = dec \times ((y_{nar} + l_{est} \times \sin(ang)) - w_f) - z_{est} \quad (4.9-11)$$

$$\Delta ASA = dec \times ((y_{nar} + l_{asa} \times \sin(ang) - \frac{env}{2} \times \cos(ang)) - w_f) - z_{asa} \quad (4.9-12)$$

Já o valor de Δ para o estabilizador e a ponta da asa, para a situação em que a aeronave deixa a RW, podem ser calculados por:

$$\Delta EST = dec \times (y_{est} - w_f) - z_{est} \quad (4.9-13)$$

$$\Delta ASA = dec \times (y_{asa} - w_f) - z_{asa} \quad (4.9-14)$$

Alternativamente, poder-se-ia calcular a posição do nariz (y_{nar}) que corresponda a um dado valor de Δ . Isso é especialmente útil para a situação $\Delta=0$, de forma a obter-se o limite para um objeto para que não interfira na *OFZ de transição interna*, tendo-se por base a folga do nariz, da ponta da asa ou do estabilizador, para uma aeronave que entra ou que sai da RW.

Para o caso das aeronaves que esperam para entrar na RW, as seguintes equações podem ser obtidas, respectivamente, a partir da Equação 4.9-10, da Equação 4.9-11 e da Equação 4.9-12, isolando-se y_{nar} :

$$y_{nar} = \frac{(z_{nar} + \Delta NAR)}{dec} + w_f \quad (4.9-15)$$

$$y_{nar} = \frac{\Delta EST + z_{est}}{dec} + w_f - l_{est} \times \sin(ang) \quad (4.9-16)$$

$$y_{nar} = \frac{\Delta ASA + z_{asa}}{dec} + w_f - l_{asa} \times \sin(ang) + \frac{env}{2} \times \cos(ang) \quad (4.9-17)$$

Já para o caso das aeronaves que deixam a RW, as seguintes equações podem ser obtidas, respectivamente, a partir da Equação 4.9-13 e da Equação 4.9-14:

$$y_{est} = \frac{\Delta EST + z_{est}}{dec} + w_f \quad (4.9-18)$$

$$y_{asa} = \frac{\Delta ASA + z_{asa}}{dec} + w_f \quad (4.9-19)$$

A seguir apresenta-se separadamente o desenvolvimento da modelagem da *OFZ de transição interna*, de acordo com os padrões da ICAO e da FAA.

4.9.3.1 ICAO

As equações anteriormente apresentadas são aplicáveis, sendo a variável dec dada conforme a Tabela 4.9-1. Já a dimensão w_f corresponde à distância entre o eixo da RW e a borda da *área restrita da faixa da RW*, apresentada no item 4.7.1.3.

4.9.3.2 FAA

Para o caso da FAA, existem três geometrias diferentes para a *OFZ de transição interna*: a) *aeronaves de pequeno porte*; b) *aeronaves de grande porte, CAT I*; e c) *aeronaves de grande porte, CAT II e III*. Lembra-se que as especificações da FAA para w_f são mostradas no item 4.9.1.2.1 e que as especificações referentes à variável dec são mostradas no item 4.9.1.2.3.

Para o caso a, todas as equações comuns à ICAO são aplicáveis, embora w_f e dec sejam diferentes. Para o caso b, cabe uma adaptação, pois na borda da ROFZ, a *OFZ de transição interna* sobe verticalmente até a altura H_1 , dada na Equação 4.9-1. Esta geometria é ilustrada na Figura 4.9-6.

Figura 4.9-6 – Geometria da *OFZ de transição interna*, conforme FAA para condições CAT I.
FONTE: Adaptado a partir de descrições da FAA AC 150/5300-13 (1989, p. 22)

As equações a seguir servem para o caso em que a aeronave espera para entrar na RW e foram adaptadas a partir da Equação 4.9-10, da Equação 4.9-11 e da Equação 4.9-12:

$$\Delta NAR = dec \times (y_{nar} - w_f) - z_{nar} + H_1 \quad (4.9-20)$$

$$\Delta EST = dec \times \left((y_{nar} + l_{est} \times \sin(ang)) - w_f \right) - z_{est} + H_1 \quad (4.9-21)$$

$$\Delta ASA = dec \times \left((y_{nar} + l_{asa} \times \sin(ang) - \frac{env}{2} \times \cos(ang)) - w_f \right) - z_{asa} + H_1 \quad (4.9-22)$$

Quando isola-se y_{nar} nestas equações obtém-se:

$$y_{nar} = \frac{\Delta NAR + z_{nar} - H_1}{dec} + w_f \quad (4.9-23)$$

$$y_{nar} = \frac{\Delta EST + z_{est} - H_1}{dec} + w_f - l_{est} \times \sin(ang) \quad (4.9-24)$$

$$y_{nar} = \frac{\Delta ASA + z_{asa} - H_1}{dec} + w_f - l_{asa} \times \sin(ang) + \frac{env}{2} \times \cos(ang) \quad (4.9-25)$$

Cabe observar que nenhuma parte da aeronave deve ocupar a largura da ROFZ, o que faz com que os valores de y_{nar} não devam ser menores do que w_f . Assim, caso o valor de y_{nar} seja menor do que w_f , y_{nar} deve assumir o valor de w_f .

Enquanto isso, as equações a seguir servem para o caso em que a aeronave sai da RW e foram adaptadas a partir da Equação 4.9-13 e da Equação 4.9-14:

$$\Delta EST = dec \times (y_{est} - w_f) - z_{est} + H_1 \quad (4.9-26)$$

$$\Delta ASA = dec \times (y_{asa} - w_f) - z_{asa} + H_1 \quad (4.9-27)$$

Quando isola-se y nestas equações obtém-se:

$$y_{est} = \frac{\Delta EST + z_{est} - H_1}{dec} + w_f \quad (4.9-28)$$

$$y_{nar} = \frac{\Delta ASA + z_{asa} - H_1}{dec} + w_f \quad (4.9-29)$$

Como nenhuma parte da aeronave deve ocupar a ROFZ, y_{est} e y_{asa} não podem ser menores do que w_f , o que exige um teste lógico para a utilização destas equações. Já o caso c possui uma geometria mais complexa, ilustrada na Figura 4.9-7.

Para este caso, a *OFZ de transição interna* consiste em: uma reta vertical de altura H_2 , definida pela Equação 4.9-2, desde a ROFZ; uma reta com declividade $dec1$ (1(vertical):5(horizontal)) até uma distância Y , desde o centro da RW, definida

Isolando-se a variável y_{nar} e considerando-se o caso em que a aeronave espera para entrar na RW, tem-se:

$$y_{nar} = \frac{\Delta NAR + z_{nar} - H_2 - dec1 \times (Y - w_f)}{dec2} + Y \quad (4.9-35)$$

$$y_{nar} = \frac{\Delta EST + z_{est} - H_2 - dec1 \times (Y - w_f)}{dec2} - l_{est} \times \sin(ang) + Y \quad (4.9-36)$$

$$y_{nar} = \frac{\Delta ASA + z_{asa} - H_2 - dec1 \times (Y - w_f)}{dec2} - l_{asa} \times \sin(ang) + \frac{env}{2} \times \cos(ang) + Y \quad (4.9-37)$$

E isolando-se a variável y_{nar} para o caso em que a aeronave espera para sair da RW, tem-se:

$$y_{est} = \frac{\Delta EST + z_{est} - H_2 - dec1 \times (Y - w_f)}{dec2} + Y \quad (4.9-38)$$

$$y_{asa} = \frac{\Delta ASA + z_{asa} - H_2 - dec1 \times (Y - w_f)}{dec2} + Y \quad (4.9-39)$$

As equações apresentadas para a modelagem da *OFZ de transição interna* são resumidas na Tabela 4.9-2, onde cada linha, apresenta um critério de avaliação, codificado por uma letra. As colunas, por sua vez, apresentam as equações equivalentes para a avaliação de um dado critério para os *padrões* da ICAO e da FAA, tendo-se em vista o caso em que a aeronave espera para entrar na RW e o caso no qual a aeronave deixa a RW.

Tabela 4.9-2 – Resumo das equações utilizadas para modelagem da *OFZ de transição interna*

Critério (CR)	Aeronave que espera para entrar			Aeronave que acaba de pousar		
	ICAO e FAA a	FAA, CAT I	FAA, CAT II e III	ICAO e FAA a	FAA, CAT I	FAA, CAT II e III
CR A) Posição do estabilizador sobre o eixo y, que corresponde a uma dada posição do nariz sobre o eixo y	Equação 4.9-6			Equação 4.9-7		
CR B) Posição da ponta da asa sobre o eixo y, que corresponde a uma dada posição do nariz sobre o eixo y	Equação 4.9-8			Equação 4.9-9		

Critério (CR)	Aeronave que espera para entrar			Aeronave que acaba de pousar		
	ICAO e FAA a	FAA, CAT I	FAA, CAT II e III	ICAO e FAA a	FAA, CAT I	FAA, CAT II e III
CR C) Folga Δ no nariz	Equação 4.9-10	Equação 4.9-20	Equação 4.9-30 b	-	-	-
CR D) Folga Δ no estabilizador	Equação 4.9-11	Equação 4.9-21	Equação 4.9-31 b	Equação 4.9-13	Equação 4.9-26	Equação 4.9-33 b
CR E) Folga Δ na ponta da asa	Equação 4.9-12	Equação 4.9-22	Equação 4.9-32 b	Equação 4.9-14	Equação 4.9-27	Equação 4.9-34 b
CR F) Posição y que corresponde a uma dada folga Δ em relação ao nariz	Equação 4.9-15	Equação 4.9-23 c	Equação 4.9-35 b c	-	-	-
CR G) Posição y que corresponde a uma dada folga Δ em relação ao estabilizador	Equação 4.9-16	Equação 4.9-24 c	Equação 4.9-36 b c	Equação 4.9-18	Equação 4.9-28 b	Equação 4.9-38 b c
CR H) Posição y que corresponde a uma dada folga Δ em relação à ponta da asa	Equação 4.9-17	Equação 4.9-25 c	Equação 4.9-37 b c	Equação 4.9-19	Equação 4.9-29 b	Equação 4.9-39 b c

|a: aeronaves de pequeno porte.

|b: caso o ponto no qual se avalia a *OFZ de transição interna* estiver a uma distância menor do que Y do eixo da RW, deve-se utilizar as equações da coluna FAA, CAT I, porém com as especificações referentes às condições CAT II/III.

|c: a posição de qualquer parte da aeronave não deve resultar menor do que a semi-largura da ROFZ (w_f), o que exige um teste lógico para utilização do resultado destas equações.

FONTE: Proposto pelo autor

4.10 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Este capítulo resume os *padrões e recomendações* da ICAO e da FAA quanto ao projeto geométrico de aeródromos, para um conjunto selecionado de *critérios, metodologias e considerações de projeto*. Isso é atingido através da consulta aos documentos emitidos por estas instituições.

Para cada *critério, metodologia ou consideração de projeto*, aponta-se a relação que estes guardam com outros *critérios, metodologias ou considerações de projeto*. Verificou-se que tais inter-relações podem ser apontadas em todos os casos analisados. A investigação dos princípios de projeto poderia permitir um aprofundamento da demonstração destas inter-relações.

Verifica-se que as normas da ICAO e da FAA apresentam *padrões e recomendações* para a maioria dos *critérios, metodologias ou considerações de*

projeto. A exceção fica por conta das áreas de proteção de RWs e TWs, onde a nomenclatura utilizada, as exigências e especificações variam entre as normas.

Ainda, verifica-se um caráter complementar entre as normas da ICAO e da FAA, em relação ao nível de profundidade da abordagem aos diferentes *critérios, metodologias ou considerações de projeto*.

De maneira mais pontual chama atenção o fato de que a *OFZ de transição interna* estabelecida pela FAA para condições CAT I e para condições CAT II/III coincidem após a distância Y.

Verifica-se também que a metodologia para avaliação do *jet blast* não trata os contornos de velocidade acima de 35mph.

Finalmente, este capítulo dá suporte aos Capítulos 5 e 7 desta dissertação, nos quais os *padrões* da ICAO são, respectivamente, comparados e aplicados ao caso do Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos.

CAPÍTULO 5 - COMPARAÇÃO ENTRE OS PADRÕES E RECOMENDAÇÕES DA ICAO E FAA

Este capítulo apresenta uma série de comparações entre os *padrões e recomendações* da ICAO e da FAA para um conjunto de *critérios, metodologias e considerações de projeto*, distribuídos na mesma ordem apresentada nos Capítulos 4 e 7. Quando a *base de especificação* coincide, estas comparações podem ser feitas diretamente. Para os demais casos, utiliza-se um conjunto de aeronaves para as quais as características pertencentes à *base de especificação* são conhecidas.

Ainda, propõe-se uma estruturação à consideração dos efeitos do *jet blast* e do FOD (*Foreign Object Damage*).

5.1 CÓDIGO DE REFERÊNCIA DO AERÓDROMO (ARC)

O ARC (*código de referência do aeródromo*) é uma forma simplificada de relacionar-se as características de uma aeronave com a estrutura necessária para acomodá-la em um aeródromo. Tanto a ICAO quanto a FAA se utilizam de tal codificação como *base de especificação* dos seus *padrões* de projeto. Como característica comum entre os ARCs da ICAO e da FAA está a utilização de dois termos, sendo o primeiro termo relacionado às características dinâmicas da aeronave e o segundo, às características geométricas.

Para o *grupo dinâmico*, a ICAO utiliza o CBP (*Comprimento Básico de Pista da aeronave*) e a FAA utiliza a *velocidade de aproximação*. Para o *grupo geométrico*, as duas instituições utilizam duas características das aeronaves, sendo a envergadura utilizada em ambas, o *wheel span* no caso da ICAO e altura do estabilizador no caso da FAA.

Como os *padrões e recomendações* de projeto são baseados no ARC, é necessário estabelecer-se uma correspondência entre a codificação da ICAO e da FAA para compará-los. Quanto ao *grupo dinâmico* nenhuma comparação direta é possível, dado o fato de que a ICAO e a FAA utilizam características distintas para a classificação. Quanto ao *grupo geométrico*, das duas características utilizadas, apenas uma coincide.

Tabela 5.1-1 – Dados utilizados como base de especificação pela ICAO e pela FAA relativos a um conjunto de aeronaves selecionadas

Nº e	Fabricante	Modelo	env (m)	WS (m)	z _{est} (m)	CBP	V _{ap} (nós)	MTOW (kg)	l _{est} (m)	z _{nar} ou z _{asa} (m) a i	ARC ICAO	ARC FAA
1	ATR	42-600 c	24,6	4,1	7,6	1.165	104	18.600	22,7	5,8	2-C	B-III
2	Embraer	135ER	20,0 a	4,8 a	6,8 a	1.640 b	111 c	19.600 a	26,3 a	3,8	3-B	B-II
3	Embraer	140ER	20,0 a	4,8 a	6,8 a	1.580 b	129 c	20.100 a	28,5 a	3,8	3-B	C-II
4	Bombardier	CRJ700 Next Gen ER	23,2 b	5,0 a	7,6 b	1.724 b	135 a	34.019 b	32,3 b	4,5	3-B	C-II
5	ATR	72-600 c	27,1	4,1	7,7	1.333	113	22.800	27,2	5,8	3-C	B-III
6	Embraer	170 standard	26,0 a	6,2 a	9,9 a	1.483 b	124 c	35.990 a	29,9 a	4,6	3-C	C-III
7	Embraer	175 standard	26,0 a	6,2 a	9,8 a	1.612 b	126 c	37.500 a	31,7 a	4,6	3-C	C-III
8	Embraer	190 standard	28,7 a	7,3 a	10,6 a	1.598 b	123 c	47.790 a	36,2 a	5,3	3-C	C-III
9	Embraer	195 standard	28,7 a	7,3 a	10,6 a	1.742 b	126 c	48.790 a	38,7 a	5,2	3-C	C-III
10	Boeing	737-700 f h	35,8 b	7,0 a	12,5 b	1.600 c	130 c	70.080 b	33,6 b	6,6	3-C	C-III
11	Airbus	318-100	34,1 b	8,7 a	12,5 b	1.750 a	138 a	68.000 a	31,4 b	5,9	3-C	C-III
12	Embraer	145LR	20,0 a	4,8 a	6,8 a	2.270 b	129 c	20.600 a	29,9 a	3,8	4-B	C-II
13	Bombardier	CRJ900 Next Gen LR	24,9 b	5,0 a	7,5 b	1.954 b	138 a	38.330 b	36,2 b	4,5	4-C	C-III
14	Embraer	195AR	28,7 a	7,3 a	10,6 a	2.179 b	127 c	52.290 a	38,7 a	5,1	4-C	C-III
15	Airbus	319	34,1 b	8,7 a	11,8 b	2.100 a	138 a	75.500 a	33,8 b	6,0	4-C	C-III
16	Airbus	320	34,1 a	8,7 a	11,8 a	2.058 d	138 a	78.000 a	37,6 b	5,9	4-C	C-III
17	Airbus	321	34,1 b	8,7 a	11,8 b	2.200 a	138 a	89.000 a	44,5 b	6,0	4-C	C-III
18	Boeing	737-800 f h	35,8 b	7,0 a	12,5 b	2.010 c	142 c	79.010 b	39,5 b	6,8	4-C	D-III
19	Boeing	737-900ER f h	35,7 b	7,0 a	12,5 b	2.470 c	141 c	85.130 b	42,1 b	6,8	4-C	D-III

Nº e	Fabricante	Modelo	env (m)	WS (m)	z _{est} (m)	CBP	V _{ap} (nós)	MTOW (kg)	l _{est} (m)	z _{nar} ou z _{asa} (m) a i	ARC ICAO	ARC FAA
20	Boeing	767-300ER f	47,6 b	10,9 c	15,8 b	2.540 c	145 c	186.880 b	54,9 b	7,5	4-D	D-IV
21	Boeing	787-8 f	60,0 b	11,6 a	17,0 b	2.660 c	140 c g	227.930 b	57,0 b	7,7	4-E	C-V
22	Airbus	330-200	60,3 b	12,3 a	17,4 b	2.713 d	140 a	238.000 a	58,4 a	7,8	4-E	C-V
23	Airbus	330-300	60,3 b	12,3 a	16,8 b	2.560 d	140 a	233.000 a	63,7 a	7,7	4-E	C-V
24	Boeing	777-200ER f	60,9 b	12,9 c	18,5 b	2.890 c	139 c	297.550 b	63,7 b	8,7	4-E	C-V
25	Boeing	777-200LR f	64,8 b	12,9 c	18,6 b	3.390 c	140 c	347.452 a	63,7 b	8,7	4-E	C-V
26	Boeing	777-300ER f	64,8 b	12,9 c	18,5 b	3.060 c	149 c	351.535 a	73,9 b	8,8	4-E	D-V
27	Airbus	330-200F	60,3 b	12,3 a	17,4 b	3.400 a	142 a	233.000 a	58,4 a	8,1	4-E	D-V
28	Airbus	340-500	63,5 b	12,6 a	17,3 b	3.275 d	144 a	380.000 a	67,9 b	8,0	4-E	D-V
29	Boeing	747-8 f	68,5 b	12,7 a	19,4 b	3.070 c g	150 c g	442.250 b	76,3 b	9,8	4-F	D-VI
30	Boeing	747-8F f	68,5 b	12,7 a	19,4 b	3.070 c g	159 c g	442.250 b	76,3 b	9,8	4-F	D-VI
31	Airbus	380-800	79,7 b	14,2 a	24,1 b	3.350 d	145 a	560.000 a	72,7 b	11,0	4-F	D-VI

FONTE: Os dados foram obtidos de diversas fontes, conforme as seguintes notas:

|a: APM das aeronaves: Airbus 2007, 2008, 2011a, 2011b, 2011c, 2011d; ATR, 2011; Boeing 2002, 2005a, 2005b, 2008a, 2008b, 2009, 2010; Bombardier 2010a, 2010b; Embraer 2005, 2007, 2008a, 2008b, 2008c, 2008d.

|b: Website do fabricante.

|c: Material complementar obtido do fabricante por e-mail.

|d: Obtido da Tabela 2.1-2 da CASA Part 139 (2011).

OUTRAS NOTAS:

|e: Número de sequência das aeronaves, classificadas por: 1º) Ordem crescente do grupo dinâmico ICAO; 2º) Ordem crescente do grupo geométrico ICAO; e 3º) Ordem crescente do grupo dinâmico FAA.

|f: Os dados de CBP da Boeing correspondem aos modelos que resultam no menor CBP. |g: Dados preliminares. |h: Com winglets |i: Foi coletada somente a dimensão mais demandante.

Com base nos dados da Tabela 4.1-1 e da Tabela 4.1-2, verifica-se que o número de classes coincide entre ICAO e FAA, sendo a envergadura um critério comum entre ambas, apresentando limites idênticos para as seis classes. Enquanto isso, a segunda característica geométrica utilizada difere entre as instituições: a ICAO utiliza o *wheel span* e a FAA utiliza a altura do estabilizador. Lembra-se que para efeitos de classificação de uma aeronave vale a característica que corresponde à classe mais demandante³⁷.

Dadas as dificuldades de comparação direta entre os *grupos dinâmicos* e geométricos, efetuou-se uma comparação com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1. Os resultados dessas comparações são mostrados nos itens 5.1.1 e 5.1.2.

Na Tabela 5.1-1, representa-se: a envergadura por env , o *wheel span* por WS , a altura do estabilizador por z_{est} , o *comprimento básico de pista* por CBP , a velocidade de aproximação por V_{ap} , o peso máximo de decolagem por $MTOW$, o comprimento da aeronave por l_{est} , a altura do nariz por z_{nar} e a altura da ponta da asa por z_{asa} .

5.1.1 COMPARAÇÃO ENTRE OS GRUPOS DINÂMICOS

A Tabela 5.1-2 resume a classificação das aeronaves da Tabela 5.1-1 quanto aos *grupos dinâmicos* da ICAO e da FAA.

Tabela 5.1-2 – Grupos dinâmicos da ICAO e da FAA para as aeronaves da Tabela 5.1-1

ICAO	FAA				TOTAL
	A	B	C	D	
1	-	-	-	-	-
2	-	1	-	-	1
3	-	2	8	-	10
4	-	-	11	9	20
TOTAL	-	3	19	9	31

FONTE: Preparado a partir das especificações da ICAO e da FAA e das aeronaves da Tabela 5.1-1

A partir destes dados, verifica-se que as grupos dinâmicos da ICAO e da FAA não guardam necessariamente uma correspondência entre si. Esse fato impede comparações entre *padrões e recomendações* da ICAO e da FAA quando o *grupo dinâmico* faz parte da *base de especificação*.

³⁷ A é menos demandante do que B, enquanto B é menos demandante do que C e assim por diante. Da mesma forma I é menos demandante do que II, enquanto II é menos demandante do que III e assim por diante. Isso porque as respectivas especificações associadas a estes *grupos geométricos* aumentam nessa mesma ordem.

5.1.2 COMPARAÇÃO ENTRE OS GRUPOS GEOMÉTRICOS

A Tabela 5.1-3 resume a classificação das aeronaves da Tabela 5.1-1 quanto aos *grupos geométricos* da ICAO e da FAA.

Tabela 5.1-3 – Grupos geométricos da ICAO e da FAA para as aeronaves da Tabela 5.1-1

ICAO	FAA						TOTAL
	I	II	III	IV	V	VI	
A	-	-	-	-	-	-	0
B	-	4	-	-	-	-	4
C	-	-	15	-	-	-	15
D	-	-	-	1	-	-	1
E	-	-	-	-	8	-	8
F	-	-	-	-	-	3	3
TOTAL	-	4	15	1	8	3	31

FONTE: Preparado a partir das especificações da ICAO e da FAA e das aeronaves da Tabela 5.1-1.

A partir destes dados verifica-se que todas as aeronaves analisadas encontram-se na diagonal principal e, a partir dos dados da Tabela 5.1-1, verifica-se que esta correspondência entre os *grupos geométricos* é mantida aeronave por aeronave.

Resta saber qual o papel de cada um dos critérios utilizados para a classificação das aeronaves segundo os *grupos geométricos* da ICAO e da FAA. Isso é feito avaliando-se qual o critério que resulta na classificação mais demandante, conforme demonstra a Tabela 5.1-4.

Como ambos os *grupos geométricos* possuem dois critérios geométricos, avalia-se a relação de dominância entre eles. Nesta tabela representa-se: envergadura por *env*, *wheel span* por *WS* e altura do estabilizador por z_{est} .

Tabela 5.1-4 – Dominância entre os dois critérios do grupo geométrico da ICAO e da FAA para as aeronaves da Tabela 5.1-1

Grupo geométrico	ICAO			FAA		
	$env > WS$	$env = WS$	$env < WS$	$env > z_{est}$	$env = z_{est}$	$env < z_{est}$
1°	-	-	-	-	-	-
2°	-	4	-	-	4	-
3°	3	12	-	3	12	-
4°	-	1	-	-	1	-
5°	8	-	-	5	3	-
6°	2	1	-	2	1	-

FONTE: Preparado a partir das especificações da ICAO e da FAA e das aeronaves da Tabela 5.1-1

Percebe-se que a utilização da envergadura como único critério resultaria em uma classificação idêntica das aeronaves nas duas normas. Ainda com respeito à dominância entre os critérios geométricos de classificação e com base na Tabela 5.1-1, chama atenção o fato de que para 28 das 31 aeronaves, a classificação de acordo com o segundo critério geométrico (*wheel span* e altura do estabilizador) são idênticas. Isso contribui para que a classificação das aeronaves segundo o *grupo geométrico* apresente correspondência entre as duas normas mesmo no caso em que a envergadura não seja o critério dominante para a classificação. Os três modelos de aeronaves que apresentam uma relação de dominância diferente são variações da família Boeing 777.

Do ponto de vista das comparações entre *padrões e recomendações* da ICAO e da FAA, quando o *grupo geométrico* compõe a *base de especificação*, as comparações podem ser feitas diretamente para todas as aeronaves analisadas e para qualquer aeronave desde que o segundo critério geométrico não seja dominante.

Para finalizar, cabe mencionar que a comparação entre os *padrões e recomendações* da ICAO e da FAA, mesmo para *grupos geométricos* correspondentes, deve considerar o fato de que um ARC não limita o *wheel span* e o outro não limita a altura do estabilizador.

5.2 CONSIDERAÇÕES DE PROJETO

Esta seção apresenta a comparação entre os critérios da ICAO e da FAA quanto ao vento de través de projeto e quanto ao *jet blast*.

5.2.1 VENTO DE TRAVÉS

A Figura 5.2-1 apresenta graficamente os dados referentes aos critérios da ICAO e da FAA para o vento de través de projeto para cada aeronave.

Verifica-se que os valores diferem para todas as aeronaves *narrowbodies*, em até 7 nós, e são idênticos para todas as aeronaves *widebodies*.

Figura 5.2-1– Comparação dos critérios da ICAO e da FAA para o vento de través.
FONTE: Preparado a partir dos dados das aeronaves da Tabela 5.1-1 e das especificações da ICAO e da FAA

5.2.2 JET BLAST E FOD

Os efeitos gerados pelo funcionamento das turbinas influenciam diretamente o projeto de *acostamentos*, *blast pads* e também as distâncias permissíveis para a localização de outras aeronaves, veículos, pessoal e objetos, conforme o nível de empuxo considerado em cada parte do aeródromo. A seguir o assunto é discutido através de uma estruturação proposta.

5.2.2.1 Considerações gerais

O funcionamento das turbinas, além do ruído, gera três implicações sobre o ambiente vizinho: sucção do ar à frente das turbinas; velocidade elevada do fluxo de ar na parte posterior das mesmas; e temperaturas elevadas também na parte posterior das turbinas. O ruído não é tratado nesta dissertação. Já a temperatura dos gases de escape tende a ser menos crítica do que a velocidade do fluxo na parte posterior da turbina, pois a temperatura decai de forma mais acentuada em relação à distância do que decai a velocidade. Por sua vez, a sucção do ar a frente das turbinas e a velocidade do fluxo de ar delas oriundo foram abordadas nesta dissertação, sendo estes dois aspectos referidos respectivamente como FOD (*Foreign Object Damage*) e *jet blast*.

O potencial acontecimento de um evento FOD depende da altura da turbina em relação ao solo, da posição da mesma em relação à borda do pavimento e das características do fluxo.

Já para a análise dos efeitos do *jet blast* propõe-se a seguinte estruturação:

- Efeitos do fluxo de ar (EFA) sobre
 - I: pessoas;
 - II: veículos e equipamentos;
 - III: outras aeronaves; e
 - IV: estruturas;
- Efeitos da erosão (EE) sobre
 - I: áreas adjacentes ao pátio;
 - II: *pistas de táxi* e baías de espera; e
 - III: *pista de pouso e decolagem*;
- Efeito do arremesso de materiais (EAM).

Lembra-se que os três efeitos citados acima podem ser aumentados por condições ambientais, como o vento, por exemplo. Além disso, é preciso considerar-se os efeitos do *jet blast* dentro e fora do aeródromo.

Os perigos relacionados aos EFAs decorrem, basicamente, da pressão e da vibração induzida pelo fluxo que atua sobre os quatro grupos citados, bem como da possibilidade de arremesso de materiais, incluindo poeira, areia, pedras e objetos indevidamente abandonados no aeródromo ou que se desprendam da superfície. Sobre cada um dos grupos é de se esperar que os efeitos sejam diferentes. Sobre pessoas, além da segurança, é necessário prover-se um nível mínimo de conforto. O mesmo vale para as áreas destinadas a veículos, já que muitos destes são abertos. Também, deve-se avaliar questões como a estabilidade dos veículos e equipamentos permitidos em cada parte do aeródromo. Tanto para aeronaves como veículos em movimento, a estabilidade é uma questão crítica, especialmente em relação às rajadas. Para as estruturas, deve-se considerar as cargas do *jet blast*, quanto à pressão e vibração.

Já os EEs decorrem principalmente das forças que o fluxo exerce sobre a superfície, desgastando, arrastando e levantando os materiais que a constituem. Esta erosão é indesejável por desgastar a superfície, por criar degraus na borda dos pavimentos, e por levantar, arremessar e dispersar materiais como poeira e pedras pelo aeródromo.

Os EAMs decorrem da possibilidade de o *jet blast* levantar objetos e arremessá-los a distâncias maiores do que os contornos de velocidade considerados perigosos. Embora tal fenômeno não seja explicitamente considerado nas normas, ele é substanciado pela seguinte afirmação: “Velocidades do *jet blast* maiores do que 30mph (48km/h) podem fazer com que materiais soltos no pavimento se tornem projéteis, capazes de causar ferimentos em pessoas situadas a uma distância

considerável atrás da aeronave.³⁸ (FAA, 1983, p. 77). A menos que hipóteses simplificadoras possam ser aplicadas, a modelagem dos perigos oriundos dos EAMs é complexa, pois depende das condições iniciais do arremesso do objeto, da distribuição de velocidade do *jet blast* e da geometria e massa do objeto arremessado.

5.2.2.2 Mitigação dos efeitos

Os riscos de eventos FOD os efeitos do *jet blast* são mitigados através da aplicação de *critérios de projeto* e da *especificação* de procedimentos operacionais.

Os possíveis riscos oriundos da sucção de objetos estranhos (FOD) são mitigados a partir do provimento de superfícies especialmente preparadas na proximidade das turbinas, como é o caso dos *acostamentos*. Como nas duas normas a largura da RW e dos *acostamentos* é especificada de acordo com o *grupo geométrico*, é necessário avaliar, de forma caso a caso, a posição da turbina em relação à borda do pavimento.

A mitigação de EFAs, EEs e EAMs pode ser feita através do provimento de separações suficientes para o decaimento da velocidade, bem como pelo uso de *blast fences* especialmente projetadas para este fim. Outra mitigação possível é o aproveitamento do relevo do aeródromo e o uso de cercas vivas.

A mitigação dos EEs é feita também através do provimento de superfícies pavimentadas ou estabilizadas como *acostamentos* e *blast pads*.

Os efeitos do *jet blast* e dos eventos FOD podem também ser mitigados através de procedimentos operacionais, entre os quais: o estabelecimento do nível máximo de empuxo permitido em cada área do aeródromo; a sinalização, para alertar pessoas e operadores de veículos; o desligamento dos motores externos de aviões quadrimotores em determinados trechos das TWs, para evitar FOD; a demarcação de áreas a serem evitadas por veículos durante as operações; e provimento de instruções ao tráfego coordenadas com o ATC; uso de equipamentos automáticos de detecção de objetos na superfície³⁹; e uso de dispositivos, de forma

³⁸ Texto original: “Blast velocities greater than 30mph (48km/h) can cause loose objects on the pavement to become missiles capable of causing injury to personnel who may be at considerable distance behind the airplane.” (FAA, 1983, p. 77).

³⁹ A FAA AC 150/5220-24 (2009) apresenta especificações mínimas de funcionamento para sistemas automáticos de detecção de FODs, os quais podem ser baseados em sensores móveis ou fixos. Exemplos de sistemas fixos: Stratech iFerret (http://www.stratechsystems.com/iv_iferret.asp), Qinetiq Tarsier (http://www2.qinetiq.com/home_tarsier.html) e Xsight FODetect (<http://www.xsightsys.com/fodetect.htm>). Exemplo de sistema móvel, montado sobre um veículo de inspeção: Trex FOD Finder (<http://www.fodfinder.com/>).

a limpar-se os pneus dos veículos antes de estes entrarem nas *áreas de movimento*.

5.2.2.3 Especificações e métodos

Verificou-se que as normas, apesar de fazerem inúmeras considerações em relação aos riscos de FOD e do *jet blast*, não especificam *critérios de projeto*, a não ser para a velocidade máxima permitida sobre pessoas e veículos, que é de 35mph (56km/h) para a ICAO e de 30mph (48km/h) para a FAA. Ainda a FAA especifica que a velocidade média de 20mph (31km/h) seja utilizada como limite para a consideração de rajadas que atuam sobre veículos e aeronaves em movimento. Tais especificações servem na melhor das hipóteses, ao propósito de avaliação dos efeitos do tipo EFAI, EFAII e EFAIII.

Para a análise dos efeitos do tipo EFAIV deve-se levar em conta os custos adicionais de construção necessários à adoção de limites de velocidade mais altos.

Para a análise dos EEs seria necessário o estabelecimento de velocidades limite que considerem a resistência das superfícies quanto às forças aerodinâmicas e quanto ao desgaste. Tal categorização poderia ser feita para diferentes tipos de superfícies, incluindo as pavimentadas e as estabilizadas. Para o caso da análise de introdução de *new large aircrafts* (NLAs) em aeroportos existentes, que não atendem os *padrões* do 6º grupo geométrico, poder-se-ia pensar na comparação entre os contornos de velocidade laterais e longitudinais das novas aeronaves com aeronaves de quatro turbinas existentes (como o B747 e o A340).

Para a análise dos EAMs uma possível solução é a adoção de simplificações baseadas na velocidade do contorno de *jet blast*, com o uso de fatores de segurança de distância a serem aplicados nestes contornos.

Por fim, é necessário mencionar-se que a análise dos efeitos do *jet blast*, deve considerar a natureza multifatorial das mitigações possíveis. Por exemplo, os *acostamentos*, além de protegerem contra FOD e EEs, são destinados a acomodar desvios eventuais das rodas das aeronaves e a operação de veículos de emergência e serviços.

5.3 ÁREAS PAVIMENTADAS PRINCIPAIS

Nesta seção apresenta-se a comparação entre os *padrões e recomendações* da ICAO e da FAA quanto à: largura da *pista de pouso e decolagem* (RW), largura combinada entre a RW e os *acostamentos*, dimensões de *blast pads*, largura de uma *pista de táxi* (TW), largura combinada entre TWs e *acostamentos*, *pistas de táxi* de saída rápida (PTSRs), e TWs sobre pontes.

5.3.1 LARGURA DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

As especificações da ICAO são feitas com base nos dois elementos do ARC e no tipo de pista (*pista para aproximação de precisão* ou *pista para aproximação visual*). Já as especificações da FAA se baseiam nos dois elementos do ARC e na visibilidade mínima de operação, existindo ainda exceções com base no MTOW. Considerando-se essas questões, recorre-se às aeronaves da Tabela 5.1-1 para as comparações, criando-se dois cenários com base no tipo de pista/visibilidade: **Cenário 1)** englobando RWs para aproximação de precisão (especificações da ICAO) e RWs com visibilidade de aproximação menor do que 1.200m (especificações da FAA); e **Cenário 2)** englobando RWs de não precisão e visuais (especificações da ICAO) e RWs com visibilidade de aproximação maior ou igual a 1.200m (especificações da FAA). Os resultados são ilustrados na Figura 5.3-1 e disponibilizados no ANEXO A. Verifica-se que, para a 12ª aeronave da lista (ERJ 145LR) não existe nenhuma *especificação padrão* da ICAO, uma vez que o ARC desta aeronave é 4-B.

Figura 5.3-1– Comparação dos critérios da ICAO e da FAA para a largura da RW. Dados disponíveis no ANEXO A. FONTE: Preparado a partir dos dados das aeronaves da Tabela 5.1-1 e das especificações da ICAO e da FAA

5.3.2 ACOSTAMENTOS DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

A ICAO especifica uma largura mínima combinada entre a RW e seus *acostamentos*, ao invés de especificar a largura dos *acostamentos* de forma direta. Ainda, tais especificações existem somente para o 4º, o 5º e o 6º *grupos geométricos*, sendo baseadas no segundo termo do ARC (*grupo geométrico*). A FAA, por sua vez, especifica *acostamentos* para todos os *grupos geométricos*, com base nos dois elementos do ARC, na visibilidade e no MTOW.

Os resultados são mostrados na Figura 5.3-2 e os dados são disponibilizados no ANEXO B.

Figura 5.3-2– Comparação dos critérios da ICAO e da FAA para a largura combinada entre a RW e seus acostamentos. Dados disponíveis no ANEXO B. FONTE: Preparado a partir dos dados das aeronaves da Tabela 5.1-1 e das especificações da ICAO e da FAA

Verifica-se, como *padrão* geral, que a largura combinada entre RW e *acostamentos* é maior segundo as especificações da FAA para a maior parte dos casos, sendo que a diferença chega a ser de até 30m no caso do E-195 standard. Nos casos em que a ICAO é mais demandante (13ª e 14ª aeronaves – CRJ 900 Next Gen LR e E195AR) a diferença não passa de três metros.

5.3.3 BLAST PADS

Trata-se aqui da largura e do comprimento de uma *blast pad*. Devido à diferença na forma como as especificações da ICAO e da FAA são feitas, recorre-se às aeronaves da Tabela 5.1-1. As comparações quanto à largura de uma *blast pad* podem ser conferidas no gráfico da Figura 5.3-2, uma vez que, tanto para a ICAO como para a FAA, a largura de uma *blast pad* é igual à largura combinada entre a RW e seus *acostamentos*.

Já em relação ao comprimento, os resultados são mostrados na Figura 5.3-3 e os dados são disponibilizados no ANEXO C.

Verifica-se que o comprimento varia para 12 das 31 aeronaves analisadas, com diferenças de até 60m entre as normas. Essa diferença tão elevada acontece para as aeronaves widebody, com exceção do B767-300ER, para as quais a FAA especifica 120m de comprimento para a *blast pad*. Enquanto isso, a ICAO especifica 60m de comprimento da *blast pad* para estas aeronaves, com exceção do A380-800 e B747-8, para os quais a ICAO também especifica 120m.

Figura 5.3-3– Comparação dos critérios da ICAO e da FAA para o comprimento de blast pads. Dados Disponíveis no ANEXO C. FONTE: Preparado a partir dos dados das aeronaves da Tabela 5.1-1 e das especificações da ICAO e da FAA

5.3.4 LARGURA DAS PISTAS DE TÁXI

Em relação à largura de uma *pista de táxi* em um trecho retilíneo, a ICAO e a FAA especificam larguras *padrão* e também folgas, a serem observadas entre a borda externa da roda e a borda do pavimento (*folga do pavimento*). Nos trechos curvos, é preciso considerar-se também o desvio das rodas, mantendo-se a *folga do pavimento*.⁴⁰

Para a *especificação* da largura da TW e também da *borda do pavimento*, a ICAO utiliza o *grupo geométrico*, o *wheel span* e a *base de rodas*. A FAA utiliza o *grupo geométrico* e o *wheel span*.

As larguras especificadas pela ICAO para a TW correspondem à soma entre o *wheel span* máximo do *grupo geométrico* e o dobro da *folga do pavimento*. A FAA, no entanto, não considera o *wheel span* para classificar as aeronaves segundo *grupos geométricos*. Portanto a utilização da largura *padrão* da TW especificada pela FAA não garante o atendimento da *folga do pavimento*.

Ainda é preciso dizer-se que tanto a ICAO quanto a FAA permitem a utilização de dimensões menores do que largura *padrão* da TW, mas a *folga do pavimento* é considerada um princípio de projeto.

⁴⁰ Isso é tratado no item 4.5.

De forma a comparar-se os valores das larguras e das folgas, foi criada a Tabela 5.3-1:

Tabela 5.3-1 – Comparação entre os *padrões* da ICAO e da FAA para largura da *pista de táxi* e para a *folga do pavimento*

<i>Grupo geométrico</i>	<i>Folga do pavimento</i>		<i>Largura da pista de táxi</i>	
	ICAO	FAA	ICAO	FAA
1°	1,5m	1,5m	7,5m	7,5m
2°	2,25m	2,25m	10,5m	10,5m
3°, com <i>base de rodas</i> menor do que 18m	3m	3m	15m	15m
3°, com <i>base de rodas</i> igual ou maior a 18m	4,5m	4,5m	18m	18m
4°, com <i>wheel span</i> menor do que 9m	4,5m	4,5m b	18m	23m b
4°, com <i>wheel span</i> maior ou igual a 9m	4,5m	4,5m b	23m	23m b
5°	4,5m	4,5m	23m	23m
6°	4,5m a	6m	25m a	30m

|a: Para aeronaves do *grupo geométrico F*, em condições de tráfego elevado, a adoção de uma *folga do pavimento* maior torna-se interessante para permitir velocidades maiores de taxiamento, à medida que isso influencia o comportamento dos pilotos.

|b: Esta classe é fictícia, pois a FAA não considera o *wheel span* como *base de especificação*.

FONTE: ICAO Annex 14 (2004a, p.3-11) e FAA AC 150/5300-13 (1989, p.38).

Desta tabela percebe-se que a *folga do pavimento* é igual para todos os *grupos geométricos*, com exceção do 6°. Já a largura *padrão* da TW varia para o 6° e para o 4° *grupo geométrico*.

5.3.5 ACOSTAMENTOS DA TW

A ICAO apresenta *padrões* para a largura combinada entre a TW e seus *acostamentos*. A FAA por sua vez, especifica larguras para os *acostamentos* diretamente. Para comparar-se estes *padrões* preparou-se a Tabela 5.3-2, onde:

- as larguras dos *acostamentos* para a ICAO foram calculadas a partir do: i) *padrão* para a largura combinada entre a TW e seus *acostamentos*; e ii) *padrão* de largura da TW; e
- as larguras combinadas entre a TW e os *acostamentos* para a FAA foram obtidas a partir de: i) *padrão* de largura da TW; e ii) *padrão* de largura dos *acostamentos*.

A partir da Tabela 5.3-2, verificam-se diferenças expressivas entre as larguras combinadas entre TWs e *acostamentos*, com exceção do 4° e do 5° *grupo geométrico*, no qual as especificações coincidem.

Tabela 5.3-2 – Comparação dos padrões de largura combinada entre a TW e seus acostamentos, para a ICAO e para a FAA (m)

Padrão	Grupo geométrico							
	1°	2°	3° a	3° b	4° c	4° d	5°	6°
<i>Padrão de largura da TW (ICAO)</i>	7,5	10,5	15	18	18	23	23	25
<i>Largura do acostamento da TW (ICAO)</i>	e	e	5	3,5	10	7,5	10,5	17,5
<i>Padrão de largura da TW (FAA)</i>	7,5	10,5	15	18	23	23	23	30
<i>Padrão de largura do acostamento da TW (FAA)</i>	3	3	6	6	7,5	7,5	10,5	12
<i>Padrão de largura combinada entre TW e acostamentos (ICAO)</i>	7,5	10,5	25	25	38	38	44	60
<i>Largura combinada entre TW e acostamentos (FAA)</i>	13,5	16,5	27	30	38	38	44	54

|a: *base de rodas* menor do que 18m. Esta nota é feita pela ICAO e pela FAA.

|b: *base de rodas* maior ou igual a 18m. Esta nota é feita pela ICAO e pela FAA.

|c: *wheel span* menor do que 9m. Esta nota é exclusiva da ICAO. Para a FAA faz-se a duplicação da coluna do 4° grupo geométrico para fins de comparação.

|d: *wheel span* maior ou igual a 9m. Esta nota é exclusiva da ICAO. Para a FAA faz-se a duplicação da coluna do 4° grupo geométrico para fins de comparação.

|e: a ICAO não especifica acostamentos para estes grupos geométricos.

FONTE: Adaptado a partir de ICAO Annex 14 (2004a, p.3-11, 3-15) e FAA AC 150/5300-13 (1989)

5.3.6 PISTAS DE TÁXI DE SAÍDA RÁPIDA (PTSRs)

A ICAO apresenta duas geometrias *padrão* para PTSRs, sendo: uma para os *grupos dinâmicos* 1 e 2, com um raio da curva de saída de 275m e um ângulo de intersecção de 45° com a RW; e outra para os *grupos dinâmicos* 3 e 4, com um raio da curva de saída de 550m e um ângulo de intersecção de 30° com a RW. Enquanto isso, a FAA apresenta apenas uma PTSR *padrão*, com um raio da curva de saída de 410m e um ângulo de intersecção de 30° com a RW.

Para o projeto de PTSRs diferentes daquelas apresentadas como *padrão*, a ICAO estabelece três *critérios de projeto*: i) raio da curva de *turn-off*, que depende da velocidade de *turn-off*; ii) ângulo de intersecção entre a PTSR e a RW; e iii) *padrões* de desaceleração na PTSR a serem observados no dimensionamento do comprimento desta, de forma a garantir-se que a aeronave pare antes de qualquer intersecção com uma TW ou RW. Para o cálculo da velocidade de *turn-off*, a ICAO apresenta uma metodologia conhecida como *Three Segment Method*. Além disso, a norma aconselha o aumento das *sobrelarguras* da PTSR em relação ao *padrão* de *folga do pavimento*.

5.3.7 PISTAS DE TÁXI SOBRE PONTES

Além de várias considerações de projeto, a ICAO e a FAA estabelecem *padrões* para a largura da área pavimentada com capacidade plena de suporte para TWs em pontes. Para a ICAO a largura *padrão* corresponde à *área preparada da faixa da TW* e para a FAA a largura *padrão* é da TSA. No item 5.8 são comparadas as larguras *padrão* das áreas de proteção das TWs. As duas normas permitem redução deste *padrão* mediante o uso de restrição lateral, embora não encorajem a redução da largura da ponte.

Em relação ao comprimento, a ICAO apresenta comprimentos mínimos, antes e depois da ponte, dentro dos quais o eixo da TW deve estar alinhado ao eixo da ponte. A FAA, por sua vez, não especifica estas distâncias mínimas.

5.4 DISTÂNCIAS DECLARADAS

Neste tópico tratam-se as *clearways* (CWYs) e as *stopways* (SWYs). Os conceitos associados às distâncias declaradas (TORA, TODA, ASDA e LDA) para a ICAO e para a FAA são equivalentes.

5.4.1 ZONA DESIMPEDIDA (CLEARWAY - CWY)

As especificações da ICAO e da FAA são equivalentes com exceção de que o comprimento máximo estabelecido pela ICAO para a CWY é a metade do comprimento da TORA, enquanto a FAA coloca 300m como limite prático.

5.4.2 ZONA DE PARADA (STOPWAY - SWY)

As especificações da ICAO e da FAA são equivalentes.

5.5 CURVAS E INTERSECÇÕES

A ICAO apresenta uma metodologia detalhada para a trajetória de uma aeronave quando sua cabine de comando segue uma linha reta ou o arco de um círculo. A metodologia é embasada por um modelo matemático, que culmina em equações, que podem ser aplicadas ao cálculo da trajetória. A norma apresenta também um método alternativo, baseado em ábacos.

Para o dimensionamento das *sobrelarguras*, a ICAO apresenta três métodos: método ótimo; o método arco e tangente; e uma variação deste (*arc and tangent variant*). O método ótimo requer o cálculo da trajetória da aeronave, seja pelas equações ou pelos ábacos. O método arco e tangente e o método *arc and tangent*

variant baseiam em equações e ábacos simplificados, dispensando-se o cálculo da trajetória da aeronave.

A FAA apresenta equações simplificadas para o cálculo da trajetória da aeronave, aplicáveis ao caso que o ponto de referência da aeronave segue uma reta ou um arco de círculo. Para o dimensionamento de *sobrelarguras*, a norma apresenta *padrões* para a construção de uma geometria simples, similar ao *método arco e tangente*, definida por um raio (r) e um comprimento linear L . Estes *padrões* podem ser aplicados diretamente desde que a relação *wheel base/wheel span* da aeronave de projeto se encaixe em certos limites. Para os demais casos, equações simplificadas são apresentadas, para a construção da mesma geometria. Ainda, a FAA apresenta equações para o cálculo da trajetória de partes da aeronave, como pontas de asa, nariz e estabilizadores, a qual foi adaptada pelo autor no item 4.5.2.3.

5.6 SEPARAÇÕES

5.6.1 SEPARAÇÃO ENTRE RWs PARALELAS

A ICAO apresenta separações *padrão* para dois grandes grupos: *i) pistas para aproximação visual*; e *ii) pistas para aproximação por instrumentos*. A FAA também apresenta suas especificações com base em dois grupos, a saber: *I) pistas para operações VFR (Visual Flight Rules)*; e *II) pistas para operações IFR (Instrument Flight Rules)*. As comparações apresentadas a seguir assumem que *pistas para aproximação visual* operem sob regras VFR e que *pistas para aproximação por instrumentos* operem sob regras IFR.

5.6.1.1 RWs para aproximação visual

Neste caso a menor separação lateral é compensada por uma maior separação longitudinal, que pode ser mantida pelo piloto mediante uma visibilidade maior do que 5.000m. Os *padrões* da ICAO variam conforme o *grupo dinâmico* e os *padrões* da FAA variam conforme o *grupo geométrico*. Tomando-se por base as aeronaves da Tabela 5.1-1, pode-se construir o gráfico da Figura 5.6-1, cujos dados constam no Anexo I.

Verifica-se que as especificações praticamente coincidem (diferença máxima de 4m) para 19 das 31 aeronaves analisadas. As maiores diferenças são encontradas entre as aeronaves *widebody*, com exceção do B767-300ER, cuja *especificação* praticamente coincide entre as normas. Para as demais aeronaves *widebody*, a ICAO especifica 210m de separação enquanto a FAA especifica 366m.

Também chama a atenção a aeronave ATR 42-600 para a qual a *especificação* da ICAO é de 150m e a *especificação* da FAA é de 214m.

Figura 5.6-1– Comparação entre as especificações da ICAO e da a FAA para a separação entre RWs paralelas, em *pistas para aproximação visual*, com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1. Dados disponíveis no ANEXO I. FONTE: Preparado a partir dos dados das aeronaves e das especificações da ICAO e da FAA

5.6.1.1 RWs para aproximação por instrumentos

Neste caso os *padrões* de separação não dependem de características das aeronaves, a não ser a separação mínima especificada pela FAA para pistas paralelas sujeitas a operações segregadas quando suas extremidades possuem uma decalagem favorável.

Para **operações independentes**, a ICAO especifica 1.035m, enquanto a FAA especifica 1.525m como separação *padrão*. A FAA permite que esse valor seja reduzido até 915m, mediante sistemas de controle e monitoração mais sofisticados. A ICAO também permite uma separação mínima de 915m, no caso de **aproximações simultâneas dependentes**.

Para o caso de duas **saídas simultâneas** a ICAO especifica uma separação mínima de 760m, enquanto para a FAA esse *padrão* vale 762m.

Esses mesmos *padrões* valem para **operações paralelas segregadas**. Porém a ICAO e a FAA fazem concessões ou exigências, com base na decalagem (*stagger*) entre as extremidades da RW. Para *decalagem favorável*, o *padrão* de separação da ICAO e da FAA pode ser diminuído em 30m para cada 150m de *decalagem favorável*. No entanto, para a ICAO, a separação nunca pode ser menor do que 300m. Para a FAA a separação mínima é de 305m para aeronaves cujo *grupo geométrico* é I, II, III ou IV e de 366m para os *grupos geométricos* V e VI.

Para o caso de decalagem desfavorável, as exigências da ICAO e da FAA variam levemente: a ICAO exige um aumento de 30m para cada 150m de *decalagem desfavorável*, enquanto para a FAA essa proporção é de 30m para cada 152m.

5.6.2 SEPARAÇÃO ENTRE RWs e TWs PARALELAS

Os *padrões* de separação apresentados pela ICAO consideram a semi-envergadura da aeronave crítica a taxiar e a *largura geral da faixa da RW*, de forma a protegê-la. Já os *padrões* da FAA se baseiam no atendimento à *OFZ de transição interna* e à RSA.

O atendimento a estes *padrões*, no entanto, não garante que a separação seja suficiente para: atendimento da OFZ; acomodação de aeronaves em espera entre a RW e a TW; e acomodação de PTSRs entre a RW e a TW. O item 4.6.2 apresenta uma série de recomendações relacionadas a estes fatores.

Tendo-se em vista a função principal que cumpre a separação entre RWs e TWs, qual seja proteger as aeronaves que pousam, decolam e taxiam, as comparações aqui apresentadas levam em conta os *padrões* de separação entre RWs e TWs e a *OFZ de transição interna*.

Verificou-se que a Tabela 4.6-1, não apresenta especificações para alguns ARCs. Com isso, para algumas das aeronaves da Tabela 5.1-1 foi necessário o cálculo da separação padrão a partir da área geral da faixa da RW e da semi-envergadura máxima do *grupo geométrico*.

Devido às diferenças entre as bases de *especificação* dos *padrões* de separação e da *OFZ de transição interna*, utilizou-se os cenários apresentados na Tabela 5.6-1 para as comparações.

Tabela 5.6-1 – Cenários para comparação entre os *padrões* da ICAO e da FAA quanto à separação entre RWs e TWs

Cenários (dados de entrada)				Cenários que produzem especificações iguais			
				ICAO		FAA	
Cenário	Visibilidade (m)	Altitude	CAT	Separação RW/TW	OFZ de trans. Int.	Separação RW/TW	OFZ de trans. Int.
C1	≤800	0	I	C1= C2= C3= C4	C1= C2= C3= C4	C1	C1
C2	≤800	3.500	I			C2	C2
C3	≤800	0	II/III			C3	C3
C4	≤800	3.500	II/III			C4	C4
C5	≥5.000	0	-	C5= C6	-	C5	-
C6	≥5.000	3.500	-		-	C6	-

FONTE: Proposto pelo autor

Os dados oriundos das comparações com base nestes cenários, nas especificações da ICAO e da FAA e nas aeronaves da Tabela 5.1-1 são mostrados nos gráficos da Figura 5.6-2, da Figura 5.6-3 e da Figura 5.6-4. Os dados completos estão disponíveis nos ANEXOS J, K e L, respectivamente.

Figura 5.6-2– Comparação entre as especificações da ICAO e da a FAA para separação entre RWs e TWs paralelas com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1. Cenários 1 e 2 para o caso em que a aeronave espera para entrar na RW. Dados disponíveis no ANEXO J. FONTE: Preparado a partir dos dados das aeronaves e das especificações da ICAO e da FAA

A partir da Figura 5.6-2, para *pistas para aproximação por instrumentos*, verifica-se que os *padrões* de separação da ICAO são suficientes para atender-se à *OFZ de transição interna*, independentemente da altitude. O mesmo vale para os *padrões* da FAA ao nível do mar. No entanto, como o aumento da altitude para 3.500m, a *OFZ de transição interna* exige aumento da separação entre RWs e TWs para os critérios da FAA. Comparando-se as separações mínimas entre RWs e TWs, com base nos dois critérios analisados (*padrão de separação* e *OFZ de transição interna*), ao nível do mar os *padrões* da ICAO são mais demandantes para todas as aeronaves, com exceção da 1ª aeronave (ATR 42-600). Quando a altitude aumenta para 3.500m, os *padrões* da ICAO continuam mais demandantes, com exceção da 1ª aeronave (ATR 42-600) e das aeronaves A380-800 e B747-8 (29ª a 31ª aeronaves).

Figura 5.6-3– Comparação entre as especificações da ICAO e da a FAA para separação entre RWs e TWs paralelas com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1. Cenários 3 e 4 para o caso em que a aeronave espera para entrar na RW. Dados disponíveis no ANEXO K. FONTE: Preparado a partir dos dados das aeronaves e das especificações da ICAO e da FAA

Figura 5.6-4– Comparação entre as especificações da ICAO e da a FAA para separação entre RWs e TWs paralelas, com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1. Cenários 5 e 6 para o caso em que a aeronave espera para entrar na RW. Dados disponíveis no ANEXO L. FONTE: Preparado a partir dos dados das aeronaves e das especificações da ICAO e da FAA

A partir da Figura 5.6-3 verifica-se que as conclusões válidas para condições CAT I são também válidas para condições CAT II/III.

Para *pistas para aproximação visual*, conforme a Figura 5.6-4, verifica-se que para 29 das 31 aeronaves analisadas os critérios da FAA são mais demandantes. No caso da ICAO a altitude não influencia o *padrão*, o que é garantido pelas especificações. Já para a FAA, a altitude compõe a *base de especificação*. Verificou-se que, para 23 das 31 aeronaves analisadas, a altitude não influencia o *padrão* de separação.

5.6.3 SEPARAÇÕES EM TWs e TLs

Os *padrões* para separações TWs/TWs, TWs/TLs, TLs/TLs, TWs/objetos e TLs/objetos da ICAO e da FAA são especificados com base no *grupo geométrico*.

5.6.3.1 SEPARAÇÕES TW/TW E TW/OBJETOS

A Tabela 5.6-2 compara as separações padrão da ICAO e da FAA referentes a pistas de táxi.

Tabela 5.6-2 – Comparação entre os *padrões* da ICAO e da FAA quanto a separações em TWs

Padrão	Grupo geométrico					
	1°	2°	3°	4°	5°	6°
<i>Padrão da ICAO para a separação TW/TW</i>	23,75m	33,5m	44m	66,5m	80m	97,5m
<i>Padrão da FAA para a separação TW/TW</i>	21m	34,8m	46,2m	65,4m	81m	99m
<i>Padrão ICAO para a folga de ponta de asa para TW</i>	8,75m	9,5m	8m	14,5m	15m	17,5m
<i>Padrão FAA para a folga de ponta de asa para TW</i>	6m	10,8m	10,2m	13,4m	16m	19m

FONTE: ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. 1-11) e FAA AC 150/5300-13 (1989, p.de 39 a 41)

Chama atenção o fato de as folgas da ICAO apresentarem declínio até o 3° *grupo geométrico* e depois aumentarem. A explicação para esta situação está no fato de a folga ser determinada com base na largura da *área geral da faixa da TW* (AGFTW). Assim, o aumento da envergadura máxima do *grupo geométrico* a uma razão maior do que a largura da AGFTW exige uma diminuição da folga.

A variação máxima entre as folgas de cada grupo é de 2,75m.

5.6.3.2 SEPARAÇÕES TL/TL E TL/OBJETOS

A partir da Tabela 5.6-3 verifica-se que a variação máxima entre as folgas de cada grupo é de 2m.

Tabela 5.6-3 – Comparação entre os *padrões* da ICAO e da FAA quanto separações em TLs

Padrão	Grupo geométrico					
	1°	2°	3°	4°	5°	6°
<i>Padrão da ICAO para a separação TL/TL</i>	19,5m	28,5m	42,5m	62m	75m	90,5m
<i>Padrão da FAA para a separação TL/TL</i>	19,5m	29,5m	42,5m	60m	74,5m	91m
<i>Padrão ICAO para a folga de ponta de asa para TL</i>	4,5m	4,5m	6,5m	10m	10m	10,5m
<i>Padrão FAA para a folga de ponta de asa para TL</i>	4,5m	5,5m	6,5m	8m	9,5m	11m

FONTE: ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a, p. 1-11) e FAA AC 150/5300-13 (1989, p.de 39 a 41)

5.6.4 SEPARAÇÕES NAS POSIÇÕES DE ESTACIONAMENTO

A ICAO apresenta um único tipo de separação para a área de estacionamento, especificado com base no *grupo geométrico*, a ser observada entre a aeronave e: outras aeronaves; prédios; e outros objetos fixos.

A FAA, por sua vez, especifica quatro tipos de separações: *i)* separação nariz/terminal para posições do tipo *nose-in*; *ii)* separação entre o terminal e a cauda (*nose to tail clearance*), para os casos em que a aeronave perfaz auto-manobra; *iii)* separação entre as extremidades da aeronave e prédios; e *iv)* separação entre as pontas das asas.

A Tabela 5.6-4 resume as recomendações para separações no pátio. Chama atenção que a separação entre o nariz e terminal, recomendada pela FAA diminui na direção dos *grupos geométricos* mais demandantes. Essa diminuição se deve ao maior espaço que sobra para o trator de manobra na área abaixo da aeronave.

Tabela 5.6-4 – Comparação entre as separações *padrão* da ICAO e da FAA para o pátio de aeronaves (m)

Agência	Separação	Grupo geométrico						
		1°	2°	3°	4°, comprimento da fuselagem menor do que 49m	4°, comprimento da fuselagem maior do que 49m	5°	6°
ICAO	Entre a aeronave e: outras aeronaves; prédios; e outros objetos fixos	3	3	4,5	7,5		7,5	7,5
FAA	Entre o nariz e o terminal na posição de estacionamento <i>nose-in</i>	-	-	9	6	6	4,5	-

Agência	Separação		Grupo geométrico						
			1°	2°	3°	4°, comprimento da fuselagem menor do que 49m	4°, comprimento da fuselagem maior do que 49m	5°	6°
FAA	Entre a cauda e o terminal, para os casos em que a aeronave perfaz auto-manobra		-	-	37	37	113	149	-
	Entre as extremidades da aeronave e prédios	Exceto pier gates	-	-	6	6	6	6	-
		Pier gates	-	-	14	14	14	14	-
	Entre pontas de asa			-	-	6 a 7,5	6 a 7,5	6 a 7,5	-

FONTE: ICAO e FAA

5.6.5 POSIÇÃO DAS BARRAS DE PARADA DA RW (BPRWs)

A base de especificação dos padrões da ICAO e da FAA para BPRWs varia bastante, o que dificulta comparações diretas. Assim, para as comparações são utilizadas as aeronaves da Tabela 5.1-1 e um conjunto de cenários para a elevação do aeródromo e para a elevação relativa entre a BPRW e a *cabeceira*.

Considerou-se que a posição de uma BPRW deve atender a dois critérios: posição *padrão* de uma BPRW; e *OFZ de transição interna*.

As comparações entre os padrões da ICAO e da FAA foram realizadas com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1 e com base em alguns cenários para o tipo de pista, categoria de aproximação, altitude e para a diferença de elevação entre a BPRW e a *cabeceira*. As aeronaves consideradas possuem os seguintes dados que fazem parte da base de especificação de BPRWs e OFZs: *grupo dinâmico*; *grupo geométrico*; MTOW, *velocidade de aproximação* e características geométricas. Já os cenários foram construídos pela combinação dos seguintes parâmetros:

- **Visibilidade:** *i*) maior ou igual a 1.200m (englobando as especificações da ICAO para RWs para aproximação visual e as especificações da FAA para RWs com visibilidade maior ou igual a 1.200m); e *ii*) menor do que 1.200m (englobando as especificações da ICAO para RWs para aproximação de

precisão e as especificações da FAA para RWs com visibilidade menor do que 1.200m, CAT, I, II e III);

- **Categoria de aproximação:** *i)* CAT I; e *ii)* CAT II e III;
- **Altitude da *cabeceira*:** *i)* 0m; e *ii)* 3.500m;
- **Diferença de altitude entre a *cabeceira* e a BPRW:** *i)* 0m; e *ii)* a BPRW está 2,25m acima da *cabeceira*;

Dessa forma, são desconsiderados os seguintes tipos de pista: *i)* RWs exclusivas de decolagem, as quais não são especificadas pela FAA; e *ii)* RWs *para aproximação de não precisão*, na falta de um limite único para a visibilidade mínima permitida neste tipo de operação.

A Tabela 4.6-5 apresenta os cenários propostos para as comparações, cabendo-se afirmar que alguns deles resultam em especificações comuns. Exemplo: a OFZ de transição interna, segundo os critérios da ICAO, será igual, para uma dada aeronave, para os cenários 5, 6, 7 e 8. Porém, nota-se que cada cenário produz um único grupo de especificações combinadas resultantes.

Os *padrões* relativos às BPRWs podem ser consultados no item 4.6.5. Já a análise da *OFZ de transição interna*, exige um pouco mais de discussão, conforme os parágrafos seguintes.

Para a análise da *OFZ de transição interna* utilizou-se a modelagem proposta no item 4.9.3, considerando-se dois casos: *i)* o caso em que a aeronave espera para entrar na RW e; *ii)* o caso em a aeronave deixa a RW. Estes dois casos foram tratados separadamente em função de as especificações para BPRWs considerarem somente o primeiro caso. No entanto, a análise do segundo caso está de acordo com as especificações sobre controle de tráfego aéreo, apontadas no item 4.6.5. Assim, deixa-se para o leitor a opção de que condição se deve levar em conta.

Tabela 5.6-5 – Cenários para as comparações entre os *padrões* da ICAO e da FAA quanto a BPRWs e *OFZs de transição interna*

Cenários (dados de entrada)					Especificações resultantes			
Cenário	Visibilidade (m)	CAT	Altitude (m)	Diferença de elevação entre a <i>cabeceira</i> e a BPRW	ICAO		FAA	
					BPRW	OFZ trans. int.	BPRW	OFZ trans. int.
C1	≤800m	I	0	0	C1=C2	C1= C2= C3= C4	C1= C2= C5= C6	C1
C2	≤800m	II e III	0	0			C2	
C3	≤800m	I	3.500	0	C3=C4		C3= C4= C7= C8	C3
C4	≤800m	II e III	3.500	0			C4	

Cenários (dados de entrada)					Especificações resultantes			
Cenário	Visibilidade (m)	CAT	Altitude (m)	Diferença de elevação entre a <i>cabeceira</i> e a BPRW	ICAO		FAA	
					BPRW	OFZ trans. int.	BPRW	OFZ trans. int.
C5	≤800m	I	0	2,25m	C5=C6	C5= C6= C7= C8	C1= C2= C5= C6	C5
C6	≤800m	II e III	0	2,25m			C6	
C7	≤800m	I	3.500	2,25m	C7=C8		C3= C4= C7= C8	C7
C8	≤800m	II e III	3.500	2,25m			C8	
C9	≥5.000m	-	0	0	C9	-	C9= C10	-
C10	≥5.000m	-	0	2,25m	C10			
C11	≥5.000m	-	3.500	0	C11		C11= C12	
C12	≥5.000m	-	3.500	2,25m	C12			

FONTE: Proposto pelo autor com base nas especificações da ICAO e da FAA para BPRWs e OFZs de transição interna.

Sobre os dados, cabe lembrar que:

Para aeronaves que esperam para entrar na RW: foram utilizados os critérios F e G da Tabela 4.9-2. O critério H não foi utilizado em função de simplificações, assumindo-se que a ponta da asa não fique à frente do nariz e assumindo-se z_{nar} como a altura máxima de dois pontos: nariz e asa. Ainda por simplificação, para a variável l_{est} utiliza-se o comprimento máximo da aeronave. Já ang vale 45° .

Para aeronaves que acabam de deixar a RW: Foi utilizado o critério G da Tabela 4.9-2. Não considerou-se nas análises a ponta da asa (critério H), assumindo-se a hipótese simplificadora de que a ponta da asa não estará mais perto do centro da RW do que o estabilizador.

Cabe lembrar que se atribuiu à folga Δ a diferença de elevação entre a *cabeceira* e a RW.

Na Tabela 5.6-6 analisam-se os casos em que o *padrão* para a posição da BPRW não é suficiente para atendimento da *OFZ de transição interna*. Os dados que dão suporte às análises podem ser vistos nos ANEXOS D, E, F, G e H.

Tabela 5.6-6 – Comparação entre os padrões da ICAO e da FAA para BPRWs e OFZs de transição interna

Aeronave		Caso I (esperando para entrar na RW) Cenários da Tabela 5.6-5								Caso II (saindo da RW) Cenários da Tabela 5.6-5							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
1	ATR 42-600					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Embraer 135ER																
3	Embraer 140ER																
4	Bombardier CRJ700 Next Gen ER																
5	ATR 72-600																
6	Embraer 170 standard													X	X	X	X
7	Embraer 175 standard													X	X	X	X
8	Embraer 190 standard									X	X	X	X	X	X	X	X
9	Embraer 195 standard									X	X	X	X	X	X	X	X
10	Boeing 737-700									X	X	X	X	X	X	X	X
11	Airbus 318-100									X	X	X	X	X	X	X	X
12	Embraer 145LR																
13	Bombardier CRJ900 Next Gen LR																
14	Embraer 195AR									X	X						
15	Airbus 319									X	X			X	X		
16	Airbus 320									X	X			X	X		
17	Airbus 321									X	X			X	X		
18	Boeing 737-800									X	X			X	X		
19	Boeing 737-900ER									X	X			X	X		

Aeronave		Caso I (esperando para entrar na RW) Cenários da Tabela 5.6-5								Caso II (saindo da RW) Cenários da Tabela 5.6-5							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
20	Boeing 767-300ER									X	X			X	X		
21	Boeing 787-8									X	X			X	X		
22	Airbus 330-200									X	X			X	X		
23	Airbus 330-300									X	X			X	X		
24	Boeing 777-200ER									X	X			X	X		
25	Boeing 777-200LR									X	X			X	X		
26	Boeing 777-300ER									X	X			X	X		
27	Airbus 330-200F									X	X			X	X		
28	Airbus 340-500									X	X			X	X		
29	Boeing 747-8					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
30	Boeing 747-8F					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
31	Airbus 380-800	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

FONTE: Adaptado a partir dos dados da Tabela 5.1-1 e das especificações da ICAO e da FAA para BPRWs e para *OFZs de transição interna*.

LEGENDA:

A especificação da ICAO para a BPRW não é suficiente para garantir o atendimento à *OFZ de transição interna* da ICAO.

A especificação da FAA para a BPRW não é suficiente para garantir o atendimento à *OFZ de transição interna* da FAA.

A partir desta tabela e dos dados apresentados nos ANEXOS D, E, F, G e H, verifica-se que:

- O atendimento da *OFZ de transição interna* não é garantido pelo *padrão* de posição da BPRW para nenhum dos cenários, nem para o caso I, nem para o caso II;
- No entanto, excluindo-se a aeronave A380-800, o *padrão* da FAA para BPRWs garante a OFZ ao nível do mar para o caso I; e
- Os *padrões* para BPRWs da ICAO e da FAA diferem em muitas situações, atingindo as seguintes diferenças máximas: *i)* para o cenário 7, aeronave 12, o *padrão* da ICAO supera o *padrão* da FAA em 61,7m; e *ii)* para o cenário 11, aeronave 29, o *padrão* da FAA supera o *padrão* da ICAO em 45m.

5.7 ÁREAS DE PROTEÇÃO DA RW

De forma a proteger-se as operações em RWs quanto a riscos que incluem *veering-offs*, *undershootings*, *overrunnings* e interferência com auxílios rádio à navegação aérea, a ICAO estabelece a *faixa da RW* e a RESA. Com objetivo similar, a FAA estabelece a ROFA e a RSA. A FAA estabelece também a RPZ, que é uma área destinada à proteção de pessoas e bens no solo. A ICAO não estabelece nenhuma área com esta função.⁴¹

Estas áreas são aqui comparadas com base em dois tipos de especificações: especificações dimensionais e especificações de preparação e uso. As especificações dimensionais, como o próprio nome sugere, definem a extensão e a posição das áreas em relação à RW. Já as especificações não dimensionais definem basicamente critérios de preparação do terreno e de controle de objetos. As comparações aqui propostas também estão divididas entre comparação dimensional e comparação quanto ao uso e preparação.

5.7.1 COMPARAÇÃO DIMENSIONAL

As especificações para as três áreas da *faixa da RW*, para a RESA, para a ROFA e para a RSA dependem do ARC da aeronave e do tipo de pista. No caso da ICAO, os tipos de pista previstos são: *pista para aproximação de precisão*; *pista para aproximação de não precisão* e *pista para aproximação visual*. No caso da FAA o

⁴¹ Embora a RESA se estenda na extremidade da RW, suas dimensões são muito inferiores às da RPZ, sendo similares às da ROFA.

tipo de pista depende da visibilidade de aproximação, que pode ser maior ou igual a 1.200m e menor do que esse valor. De forma a fazer-se comparações em condições equivalentes, considera-se apenas dois tipos de pistas: **Cenário 1)** com visibilidade menor ou igual a 800m; **Cenário 2)** com visibilidade maior ou igual a 5.000m. Assim, não entram nas comparações as especificações da ICAO referentes a *pistas para aproximação de não precisão*. Devido à diferença de especificação de ARCs entre a ICAO e a FAA, utilizam-se as aeronaves da Tabela 5.1-1.

Os dados referentes à largura de cada uma das áreas em estudo deram origem aos gráficos da Figura 5.7-1 e da Figura 5.7-2 e estão disponíveis nos Anexos M e N, respectivamente. Admite-se para a RESA a largura da *área preparada da faixa da RW* (APFRW), conforme a recomendação da ICAO, o que elimina a necessidade de representação desse dado separadamente.

Já os dados referentes ao comprimento de cada uma das áreas em estudo deram origem aos gráficos da Figura 5.7-3 e da Figura 5.7-4 e estão disponíveis nos ANEXOS M e N, respectivamente. Nestes gráficos, apresenta-se: o comprimento da faixa da RW (desde a *cabeceira* ou final da RW); a posição do final da RESA (desde a *cabeceira* ou final da RW, o qual inicia no limite da faixa da RW); a ROFA (desde a ASDA ou LDA ou final da RW); e a RSA. Para esta última, apresentam-se as distâncias L_1 (desde a *cabeceira*) e L_2 (desde a ASDA ou LDA ou final da RW).

Os resultados são discutidos a seguir.

Em relação à largura, para as aeronaves avaliadas, em *pistas para aproximação de precisão*, a *área geral da faixa da RW* (AGFRW) é a área mais larga, com 300m de largura, seguida pela ROFA, com 240m de largura. Já a *área preparada da faixa da RW* (APFRW), a *área restrita da faixa da RW* (ARFRW) e a RSA se alternam com larguras entre 80m e 150m.

Ainda em relação à largura, para as aeronaves avaliadas, em *pistas para aproximação visual*, a ROFA é a área mais larga, com 240m, seguida pela AGFRW, com 150m, a não ser para 1ª aeronave (ATR 42-600) para a qual a AGFRW possui 80m de largura. A APFRW coincide com a AGFRW para todos os casos. Já a largura da RSA varia entre 90m e 150m.

Figura 5.7-1– Comparação entre as especificações da ICAO e da FAA para a largura das áreas de proteção da RW, com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1. Cenário 1. Dados disponíveis no ANEXO M. FONTE: Preparado a partir dos dados das aeronaves e das especificações da ICAO e da FAA

Figura 5.7-2– Comparação entre as especificações da ICAO e da FAA para a largura das áreas de proteção da RW, com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1. Cenário 2. Dados disponíveis no ANEXO N. FONTE: Preparado a partir dos dados das aeronaves e das especificações da ICAO e da FAA

Figura 5.7-3– Comparação entre as especificações da ICAO e da FAA para o comprimento das áreas de proteção da RW desde o final da RW, com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1. Cenário 1. Dados disponíveis no ANEXO M. FONTE: Preparado a partir dos dados das aeronaves e das especificações da ICAO e da FAA

Figura 5.7-4– Comparação entre as especificações da ICAO e da FAA para o comprimento das áreas de proteção da RW desde o final da RW, com base nas aeronaves da Tabela 5.1-1. Cenário 2. Dados disponíveis no ANEXO N. FONTE: Preparado a partir dos dados das aeronaves e das especificações da ICAO e da FAA

Em relação ao comprimento, em pistas não sujeitas a distâncias declaradas, para as aeronaves avaliadas, em *pistas para aproximação de precisão*, com exceção das aeronaves 1, 2 e 5, o final da RESA, da ROFA e da RSA coincidem 300m além dos finais de pista. Já no caso de distâncias declaradas muitas diferenças são esperadas, a partir dos diferentes *referenciais* para estas áreas.

Ainda em relação ao comprimento, em pistas não sujeitas a distâncias declaradas, para as aeronaves avaliadas, em *pistas para aproximação visual*, as conclusões encontradas são iguais às das *pistas para aproximação de precisão*.

5.7.2 COMPARAÇÃO QUANTO AO USO E PREPARAÇÃO

A comparação quanto ao uso e preparação é feita através da Tabela 5.7-1, que apresenta as especificações da ICAO e da FAA sobre estas áreas com respeito ao controle de objetos (presença de aeronaves, objetos e equipamentos) e quanto à preparação da superfície. Nessa tabela, os critérios mencionados pelas normas são classificados em *exigido*, *excluído* e *permitido*. Utiliza-se um contraste de cores de fundo e fonte para melhor visualização.

Nota-se um certo *padrão* de semelhança entre as áreas da ICAO e da FAA, embora critérios em relação a objetos e preparação não sejam idênticos. Serve de exemplo a ARFRW e a RSA que excluem aeronaves taxiando, em espera e estacionadas, o que impede que estas áreas contenham *pistas de táxi* e *barras de parada da RW* (BPRW). Já a APFRW guarda relação com a RSA, haja vista a exigência de que estas áreas devem possuir capacidade de suporte tal a permitir a desaceleração das aeronaves sem induzir-lhes danos. No sentido de servir como critério para a separação entre RWs e TWs, são equivalentes a AGFRW e a RSA. Dessas áreas, percebe-se que a ROFA é a menos demandante em termos de critérios de controle de objetos e preparação.

Tabela 5.7-1 – Comparação quanto ao uso e preparação das áreas de proteção da RW

Critérios		ICAO				FAA	
		Faixa da RW			RESA	ROFA	RSA
		AGFRW	APFRW	ARFRW			
Aeronaves	Em espera	permitido	permitido	excluído		permitido	excluído
	Taxiando	excluído	excluído	excluído		permitido	excluído
	Estacionadas	excluído	excluído	excluído		excluído	excluído
Objetos	Objetos que não sejam estritamente necessários às operações	excluído	excluído	excluído	excluído	excluído	excluído
Equipamentos	Equipamentos necessários à movimentação de aeronaves	excluído	excluído	excluído		permitido	excluído
	Equipamento indispensáveis devem ser montados sobre bases frangíveis	exigido	exigido	exigido	exigido		exigido
Preparação	Uso de chanfros 30cm abaixo do nível solo, para proteger aeronaves que saíram da RW e cujas rodas afundaram no solo	exigido	exigido	exigido			
	Capacidade de suporte suficiente para desacelerar as aeronaves sem causar-lhes danos		exigido	exigido	exigido		exigido
	A área situada a 30m da <i>cabeceira</i> deve ser protegida contra erosão	exigido	exigido	exigido			
	Declividades longitudinais e transversais especificadas		exigido	exigido	exigido		
	Deve ser limpa e nivelada, sem sulcos, protuberâncias, depressões ou outras variações de superfície.						exigido
	Drenada, seja por abaulamento, seja pelo uso de bocas de lobo, para evitar acúmulo de água.						exigido
	Capaz de suportar, sob condições secas, equipamento de remoção de neve, equipamentos de resgate e combate a incêndio e a passagem eventual de aeronaves sem induzir a danos à mesma.				exigido		exigido

FONTE: Compilado a partir das especificações contidas na ICAO Annex 14 (2004a) e na FAA AC 150/5300-13 (1989).

5.8 ÁREAS DE PROTEÇÃO DA TW

As áreas de proteção da TW são a *faixa da TW* (ICAO), a *OFA da TW* (FAA) e a *TSA* (FAA). A Figura 5.8-1 compara a largura destas áreas.

Figura 5.8-1– Comparação entre as especificações da ICAO e da FAA para a largura das áreas de proteção da TW. FONTE: Preparado a partir das especificações da ICAO e da FAA

Em relação à largura, diretamente a partir das especificações, percebe-se três grupos, discutidos a seguir.

A *área geral da faixa da TW* (AGFTW) e a *OFA da TW* são as áreas mais largas, sendo que a diferença máxima nas especificações entre os *grupos geométricos* varia entre 2,1% e 12,5%.

Em seguida vem a *OFA da TL*.

Por último, tem-se a *TSA* e a *área preparada da faixa da TW* (APFTW), entre as quais a diferença máxima de largura entre os *grupos geométricos* varia entre 4,1% e 47,7%.

Já a Tabela 5.8-1 compara as especificações para estas áreas quanto à presença de aeronaves, objetos, equipamentos, vias de serviço e quanto à preparação. Nessa tabela, os critérios mencionados pelas normas são classificados em *exigido*, *excluído* e *permitido*. Utiliza-se um contraste de cores de fundo e fonte para melhor visualização.

Tabela 5.8-1 – Comparação das especificações quanto ao uso e preparação das áreas de proteção da TW

Critérios		ICAO		FAA		
		Faixa da TW		OFA da TW	OFA da TL	TSA
		AGFTW	APFTW			
Aeronaves	Em espera	excluído	excluído	excluído	excluído	
	Taxiando	excluído	excluído	excluído	excluído	
	Estacionadas	excluído	excluído	excluído	excluído	
Objetos	Livre de objetos que possam oferecer risco às aeronaves que taxiam	exigido	exigido			
	Veículos, desde que dando passagem às aeronaves			permitido	permitido	
Equipamentos	Equipamentos necessários à movimentação de aeronaves			permitido		
Vias de serviço	Vias de serviço			excluído	excluído	excluído
Preparação	Equipamentos indispensáveis devem ser montados sobre bases frangíveis	exigido	exigido			exigido
	Estruturas de drenagem devem ser adequadamente projetadas, de forma prevenir danos às aeronaves que acidentalmente saiam da pista (<i>veering-off</i>)	exigido	exigido			
	Capacidade de suporte suficiente para os veículos que utilizam a área, incluindo-se veículos de emergência	exigido	exigido			exigido
	Declividades longitudinais e/ou transversais especificadas	exigido	exigido			
	Especificações de compactação					exigido
	Deve ser limpa e nivelada, sem sulcos, protuberâncias, depressões ou outras variações de superfície.		exigido			exigido
	Drenada, seja por abaulamento, seja pelo uso de bocas de lobo, para evitar acúmulo de água.					exigido
	Capaz de suportar, sob condições secas, equipamento de remoção de neve, equipamentos de resgate e combate a incêndio e a passagem eventual de aeronaves sem induzir a danos à mesma.					exigido

FONTE: Compilado a partir das especificações contidas na ICAO Annex 14 (2004a) e na FAA AC 150/5300-13 (1989).

Em relação aos critérios de controle de obstáculos e preparação, verifica-se que as áreas AGFTW, OFA da TW e OFA da TL estão mais relacionadas ao controle de obstáculos, enquanto a APFTW e a TSA apresentam exigência quanto à capacidade de suporte de forma a não danificar as aeronaves durante *veering-offs*.

5.9 OFZ

Para a ICAO, a OFZ (*Object Free Zone*) só é exigida em *pistas para aproximações de precisão*, sendo composta por três superfícies: *superfície de aproximação interna*, *superfície de transição interna* e *superfície de pouso interrompido*⁴². Ainda, a *área restrita da faixa da RW* (*Pista de pouso e decolagem*) é similar à OFZ quanto à presença de objetos e, além disso, as especificações das três superfícies da OFZ são atreladas a ela, dependendo do *grupo dinâmico* e do *grupo geométrico*.

Já para a FAA, a OFZ é composta por até quatro superfícies: ROFZ (*Runway Object Free Zone*); *OFZ de precisão* (POFZ); *OFZ de aproximação interna*; e *OFZ de transição interna*. A ROFZ é exigida para qualquer tipo de pista. A POFZ é exigida quando as três situações seguintes coincidem: aproximação verticalmente guiada; teto informado abaixo de 250pés e/ou visibilidade menor do que 3/4 de milha terrestre (ou RVR abaixo de 4.000pés); e uma aeronave encontra-se em aproximação final a menos do que 2 milhas da *cabeceira*. A *OFZ de aproximação interna* é exigida somente a RWs com sistema de iluminação. E a *OFZ de transição interna* é exigida somente para pistas com visibilidade de aproximação menor do que 1.200m. As especificações dependem do MTOW (*Maximum Take-off Weight*), da velocidade de aproximação, da envergadura da aeronave crítica e da elevação do aeródromo.

Tomando-se por base a posição das superfícies da OFZ, identificam-se alguns grupos, ilustrados na Figura 5.9-1.

Superfícies no solo: são a *área restrita da faixa da RW* (ARFRW); a ROFZ; e a POFZ. A ARFRW e a ROFZ prolongam-se 60m a partir das extremidades da RW, considerando-se *pistas para aproximação de precisão*. A largura da ROFZ varia entre 90m e 120m, dependendo se a aeronave é uma *aeronave de pequeno porte* ou uma *aeronave de grande porte*, respectivamente. A largura da *área restrita da faixa da RW* varia entre 90m e 155m, dependendo do ARC e da categoria de

⁴² Para aproximações menos demandantes do que CAT II/III, estas superfícies não são obrigatórias, embora sejam recomendadas.

aproximação. A POFZ também forma um retângulo centrado na RW, com 240m de largura e 60m de comprimento, anterior à *cabeceira*. Portanto, a POFZ está longitudinalmente contida na ROFZ, embora, lateralmente, supere a ROFZ e a ARFRW⁴³;

Superfícies de aproximação: a superfície interna de aproximação da ICAO e da FAA iniciam-se a 60m da *cabeceira* e se estendem para fora da RW, ao longo do seu eixo estendido. Para a ICAO a largura é mesma da ARFRW (variando entre 90m e 155m). Para a FAA a largura é a mesma da ROFZ (variando entre 90m e 120m). Para a ICAO, a declividade varia entre 1:40 e 1:50 (vertical:longitudinal). Para a FAA, a declividade é de 1:50 (vertical:longitudinal).

Superfície de pouso perdido (*balked landing surface*): é especificada somente pela ICAO, sendo similar a uma superfície de aproximação interna. A sua largura é a mesma da ARFRW (que varia entre 90m e 155m). A declividade longitudinal varia entre 1:25 e 1:30 (vertical:longitudinal). Lateralmente, desde o seu início, a superfície de pouso interrompido tem a mesma declividade do que a superfície de transição interna. Logo, a superfície de pouso interrompido não terá função caso seja provida uma superfície de aproximação interna na *cabeceira* da extremidade oposta da RW localizada à sua frente. Como a FAA não especifica uma superfície de pouso interrompido, esta função poderá ser desempenhada pela superfície de aproximação da *cabeceira* da extremidade oposta da RW, desde que esteja posicionada a uma distância suficiente da *cabeceira* na qual é feita a aproximação.

Superfície de transição interna: para a ICAO e para a FAA, estas superfícies se iniciam respectivamente na ARFRW (cuja semi-largura varia entre 45m e 77,5m) e na ROFZ (cuja largura é de 60m, para aeronaves de grande porte). A geometria e as especificações da ICAO e da FAA variam com base no ARC das aeronaves, na envergadura e elevação do aeródromo. A Figura 5.9-2 mostra uma comparação entre as *OFZs de transição interna* da ICAO e da FAA. Conforme as especificações, a ICAO só possui três geometrias possíveis. Já a FAA coloca a envergadura da aeronave e a altitude do aeródromo como variáveis contínuas para a *especificação* dessa superfície. Nas comparações, para a FAA, admite-se somente o caso de *aeronaves de grande porte*, adotando-se quatro combinações de envergadura e altitude.

⁴³ Estas conclusões são válidas para pistas não sujeitas a distâncias declaradas.

A partir da Figura 5.9-2, verifica-se que *OFZ de transição interna* da FAA é mais restritiva do que qualquer reta da ICAO após uma distância de cerca de 195m do centro da RW.

Como a declividade das retas da ICAO é maior do que a declividade das retas da FAA, a partir do ponto de cruzamento entre as duas retas, os critérios da FAA serão mais demandantes. A seguir, compara-se cada uma das retas da ICAO com todas as retas da FAA.

Tomando-se a reta da ICAO associada aos *grupos dinâmicos 1 e 2*, ela é menos demandante do que qualquer reta da FAA para uma distância entre 45m e 60m desde o centro da RW. No entanto, a partir de 60m, desde o centro da RW, a relação entre as retas depende muito da envergadura e da altitude. A reta da FAA associada à envergadura de 15m e altitude de 0m será ultrapassada verticalmente pela reta da ICAO a cerca de 105m do centro da RW. No caso mais restritivo da FAA (env=80m e alt=3.500m) o cruzamento já ocorrerá a 60m do centro da RW.

Já a reta intermediária da ICAO (*grupos dinâmicos 3 e 4*) parte do mesmo ponto que as retas da FAA (60m desde o centro da RW), ultrapassando verticalmente a reta mais demandante da FAA nesse mesmo ponto e a menos demandante a cerca de 165m desde o centro da RW.

Por fim, a reta mais demandante da ICAO (*grupos dinâmicos 3 e 4, grupo geométrico F*)) será mais demandante do que qualquer reta da FAA até uma distância de cerca de 90m, desde o centro da RW. A reta da ICAO ultrapassará verticalmente a reta menos demandante da FAA a cerca de 195m do centro da RW.

Cabe colocar-se que a não utilização das variáveis envergadura, altitude e categoria de aproximação pela ICAO, faz com que as suas *OFZs de transição interna* possuam características intermediárias entre aquelas especificadas pela FAA. Essa conclusão é válida para o envelope, indicado na Figura 5.9-2, criado pela combinação das seguintes situações: *i)* distância do centro da RW maior do que 85m; *ii)* altura da OFZ menor do que 22m, para aeronaves dos *grupos dinâmicos 1 e 2*; altura da OFZ menor do que 35m, para aeronaves dos *grupos dinâmicos 3 e 4*; altura da OFZ menor do que 40m, para aeronaves de ARCs 3-F e 4-F; envergadura entre 15m e 80m; altitude entre 0m e 3.500m; e em condições CAT I, II ou III.

Figura 5.9-2– Comparação entre as especificações da ICAO e da FAA para *OFZs de transição interna*. FONTE: Preparado a partir das especificações da ICAO e da FAA

5.10 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Este Capítulo apresentou uma série de comparações entre os critérios da ICAO e da FAA. Algumas destas comparações são feitas diretamente, a partir das especificações das normas. Isso foi possível nos casos em que a *base de especificação* das duas normas coincide. Para os demais casos, recorre-se a um grupo de 31 aeronaves, comparando-se as especificações associadas a cada aeronave, em cada norma. A seguir são apresentados alguns apontamentos relacionados às comparações entre os diversos *critérios, metodologias e considerações de projeto* tratados na pesquisa.

Em relação ao ARC (*Airport Reference Code*), demonstrou-se que os *grupos geométricos* da ICAO e da FAA são equivalentes para o grupo de 31 aeronaves consideradas e que os *grupos dinâmicos* diferem bastante entre si. Isso tem consequências diretas sobre os critérios de projeto especificados com base nestes dois grupos.

Em relação ao vento de través de projeto, verificam-se diferenças de até 7nós entre as duas normas para uma mesma aeronave, embora para as aeronaves *widebodies* analisadas as exigências sejam iguais.

Para a análise dos efeitos do *jet blast* propõe-se uma estruturação, a partir da categorização dos efeitos do fluxo de ar (EFAs), dos efeitos de erosão (EEs) e dos efeitos do arremesso de materiais (EAMs). A partir dessa categorização evidencia-se a falta de metodologias e critérios adequados para a consideração dos efeitos do *jet blast*.

Quanto à largura da RW, dos *acostamentos* e quanto às dimensões de uma *blast pad*, evidenciam-se as diferenças entre as normas através da apresentação dos *padrões* exigidos para as 31 aeronaves. No entanto, tal análise não conseguiu apontar uma predominância sistemática das especificações de uma norma em relação às especificações da outra, sendo que os dados parecem variar mais entre as aeronaves do que entre as normas.

A partir das especificações, percebe-se que a *folga do pavimento* é igual para todos os *grupos geométricos*, com exceção do 6º *grupo geométrico*. Já a largura *padrão* da TW varia para o 4º e para o 6º *grupos geométricos*. Já as especificações para os *acostamentos* e para as larguras combinadas entre TWs e *acostamentos*

levam a diferenças expressivas entre as normas para todos os *grupos geométricos*, com exceção do 4° e do 5°, nos quais as especificações coincidem.

Quanto às *pistas de táxi de saída rápida*, verifica-se que a ICAO e a FAA apresentam geometrias *padrão* e que a ICAO apresenta também metodologias e princípios de projeto.

Em relação a *pistas de táxi* sobre pontes, para a ICAO a largura *padrão* corresponde à *área preparada da faixa da TW* e para a FAA a largura *padrão* é a da TSA. Como a largura destas áreas de proteção varia entre as normas, as mesmas diferenças se aplicam para a largura da área de uma pista de táxi sobre ponte com capacidade plena de suporte.

Em relação a distâncias declaradas, verifica-se uma equivalência entre os conceitos TORA, TODA, ASDA e LDA e também entre as especificações associadas a *stopways* e *clearways*.

Em relação a curvas e intersecções, verifica-se que ambas as normas apresentam fórmulas simplificadas para a avaliação da trajetória de uma aeronave em uma curva e para o desenho de *sobrelarguras*. No entanto, a ICAO apresenta também uma abordagem analítica ao tema.

Em relação às separações entre *pistas de pouso e decolagem* paralelas, a partir das comparações entre as 31 aeronaves, não foi possível apontar-se uma predominância sistemática das especificações de uma norma em relação às especificações da outra. O mesmo pode ser dito para as separações entre *pistas de pouso e decolagem* e *pistas de táxi* paralelas.

Em relação à posição de uma *barra de parada da pista de pouso e decolagem*, verificou-se que os padrões estabelecidos pela ICAO e pela FAA não são suficientes para o atendimento da OFZ (*Object Free Zone*), nem mesmo ao nível do mar, para todas as aeronaves analisadas.

Em relação às áreas de proteção da *pista de pouso e decolagem*, verifica-se que as dimensões e as exigências quanto ao uso e preparação variam entre as normas, sendo que a ICAO especifica a *faixa da RW* e a FAA especifica duas áreas: a ROFA (*Runway Object Free Area*) e a RSA (*Runway Safety Area*). O mesmo se pode dizer em relação às áreas de proteção de *pistas de táxi*, sendo que a ICAO especifica a *faixa da pista de táxi* e a FAA especifica a TOFA (*Taxiway Object Free Area*) e a TSA (*Taxiway Safety Area*). Já para *pistas de táxi de acesso ao estacionamento de aeronaves (taxilanes - TLs)*, a ICAO especifica apenas folgas

entre a aeronave e objetos, enquanto a FAA especifica a *taxiway object free area* como área de proteção.

Já quanto à OFZ (*Object Free Zone*), verifica-se que as superfícies da ICAO, que utilizam menos variáveis para sua especificação, são geometricamente contidas pelas superfícies da FAA, tendo-se em vista o envelope proposto para a altitude, para a geometria da aeronave e para a OFZ.

CAPÍTULO 6 - ACOMODAÇÃO DE AERONAVES DO 6º GRUPO GEOMÉTRICO EM AEROPORTOS EXISTENTES

Este capítulo trata da acomodação de aeronaves dos *grupos geométricos* ICAO F e FAA VI em aeroportos existentes que não atendem aos requisitos destes grupos.

A introdução de aeronaves como o A380 e o B747-8, ambos dos 6º *grupo geométrico*, em aeroportos de código ICAO E ou FAA V, tem motivado uma série de flexibilizações dos *padrões* de projeto. Isso porque, pode-se atingir o TLS (*Target Level of Safety*) com a utilização de critérios menos demandantes. Tanto a ICAO quanto a FAA permitem a modificação dos *padrões* mediante a condução de estudos que demonstrem o atendimento dos níveis de segurança estabelecidos. As flexibilizações são justificadas por argumentos geométricos e pelas características de táxi e voo de uma determinada aeronave.

Os argumentos geométricos, em geral, são utilizados para os casos em que a envergadura, *wheel span* ou altura do estabilizador, de uma dada aeronave, é menor do que o limite previsto para o 6º *grupo geométrico*. Assim, é possível demonstrar-se diretamente que uma separação menor não implica a violação de uma área de proteção (como uma RPZ, OFA, RSA, TSA, *faixa da RW*, *faixa da TW*), de uma OFZ, ou na deterioração de uma margem de segurança (como *folga do pavimento*, *folga de ponta de asa*, folga em relação a objetos).

As características de táxi e voo, que justificam a flexibilização dos *padrões*, podem ser tanto observadas quanto esperadas, a partir de modelos matemáticos e computacionais, e a partir de observações de aeronaves similares.

Uma solução alternativa para a acomodação de aeronaves como o A380 e o B747-8 em aeroportos que não atendem aos requisitos do 6º *grupo geométrico*, é o estabelecimento de restrições operacionais. No entanto, esta solução tem o inconveniente de impactar negativamente sobre a capacidade e os atrasos no aeroporto.

Em geral, os aeroportos recorrem a alternativas que mesclam obras de infraestrutura nos componentes críticos, modificações de *padrões* de projeto e restrições operacionais, avaliando-se os custos das obras e os transtornos operacionais delas advindos.

Este capítulo está organizado da seguinte forma: o item 6.1 trata da flexibilização dos *padrões* da ICAO para o 6º *grupo geométrico*, apresentando

também um conjunto de documentos relacionados, oriundos de alguns países europeus; e o item 6.2 apresenta aspectos de flexibilização dos *padrões* da FAA, além de citar as modificações aprovadas pela FAA em diversos aeroportos dos EUA para acomodar as aeronaves A380 e o B747-8.

6.1 FLEXIBILIZAÇÃO DE *PADRÕES* DA ICAO

O *NLA Forum*⁴⁴ disponibiliza uma série de documentos relacionados à flexibilização de *padrões* da ICAO para a operação das aeronaves A380 e o B747-8 em aeroportos existentes. Tais documentos não têm validade normativa, mas servem de base para que os Estados autorizem flexibilizações dos *padrões* de projeto, bem como a operação destas aeronaves em condições não conformes com os *padrões* da ICAO.

6.1.1 *A380 COMMON AGREEMENT DOCUMENT - AACG*

O *A380 Common Agreement Document* é um documento que reúne a posição comum da indústria sobre a flexibilização de *padrões* de projeto para a operação do A380-800 em aeroportos existentes. Estas flexibilizações são:

- **Largura da RW:** 45m ao invés de 60m, com base na certificação da aeronave para esta largura da RW;
- **Largura dos acostamentos RW:** introduz a ideia de *inner shoulder*, que consiste em uma parcela do *acostamento*, adjacente à RW com capacidade de suporte adequada à aeronave crítica;⁴⁵
- **Largura da TW:** 23m ao invés de 25m, com base nos desvios da aeronave em relação à linha de centro, largura do trem principal e visibilidade a partir da cabine de comando;
- **Separação entre a RW e uma TW paralela:** o *padrão* de 190m é considerado conservador quanto ao risco de colisão, com base na análise de dados de acidentes/incidentes;
- **Separação entre duas TWs paralelas:** 91m ou 11m de *folga de ponta de asa* (inclusive para trechos curvos), com base: i) na ICAO Doc 7754 (2001b) - a mesma margem de 11m do 747-400; ii) estudos de desvio da linha de centro da TW; e iii) visão a partir da cabine de comando da aeronave.

⁴⁴ NLA Forum (2008). Disponível em: <https://www.ecac-ceac.org/nla-forum/>. Acesso: agosto de 2010.

⁴⁵ O AACG não define as características do *inner shoulder*. Mas com base nos EBs da FAA, pode-se intuir que são um tipo de pavimento com uma capacidade de suporte menor do que aquela da RW.

- **Separação entre TWs e objetos:** 49m ou 9m de *folga de ponta de asa* (inclusive para trechos curvos), com base: *i)* na ICAO Doc 7754 (2001b) (a mesma margem de 9m do 747-400); *ii)* estudos de desvio da linha de centro da TW; e *iii)* visão a partir da cabine de comando da aeronave.
- **Separação entre TLs e objetos, incluindo *vias de serviço*:** 47,5m ou 7,5m de *folga de ponta de asa* (inclusive para trechos curvos), com base: *i)* na ICAO Doc 7754 (2001b) - a mesma margem de 7,5m do B747-400; *ii)* estudos de desvio da linha de centro da TL; e *iii)* visão a partir da cabine de comando da aeronave;
- **Largura da ponte em uma TW:** mínimo de 49m para a parte capaz de suportar o A380 e operações de emergência e mínimo de 60m por questões de *jet blast*. Fatores que suportam a flexibilização: *i)* comparação com o B747 operando em uma ponte de código E; *ii)* envergadura da aeronave e posição dos motores; e *iii)* contornos de velocidade e temperatura durante o táxi.

6.1.2 B747-8 COMMON AGREEMENT DOCUMENT - BACG

O *B747-8 Common Agreement Document* é um documento que reúne a posição comum da indústria sobre a flexibilização de *padrões* de projeto para a operação do B747-8 em aeroportos existentes. O documento segue o modelo apresentado na ICAO Cir 301 (2005b): Identificação de riscos, análise causal, análise de consequências e medidas mitigatórias.

As flexibilizações apontadas são:

- **Largura da RW:** 45m ao invés de 60m;
- **Largura dos *acostamentos da RW*:** permite a largura RW+*acostamentos* de 60m, ao invés de 75m, com base em: *i)* a distância entre os motores externos do B747-8 é mesma do B747-400; e *ii)* a velocidade de 56km/h (35mph) (contorno do *jet blast* na potência de decolagem) fica confinada a uma largura de 58,5m, pouco a mais que o B747-400ER, cuja largura é de 56,1m. Portanto a nova aeronave não ultrapassa o limite de 60m;
- **Largura de uma TW:** 23m ao invés de 25m, com base na largura do trem de pouso e em estudos que demonstram que a margem de 4,5m é adequada;
- **Largura dos *acostamentos da TW*:** permite a largura TW+*acostamentos* de 44m, ao invés de 60m, com base em: *i)* a distância entre os motores externos do B747-8 é mesma do 747-400ER; *ii)* a velocidade de 56km/h

(contorno do *jet blast* na potência de partida) fica confinada a uma largura de 46,9m, a mesma do B747-400ER; e *iii*) a altura do centro de empuxo do motor mais externo do B747-8 é levemente maior do que a do B747-400ER;

- **Separação entre a RW e uma TW paralela:** 182,5m ao invés de 190m para pistas de aproximação por instrumentos, com base: *i*) na tendência declinante de saídas de RW de aeronaves B747; *ii*) crescimento de semi-envergadura de somente 1,7m; *iii*) a separação baseada na OFZ é de 118,8m; e *iv*) a separação baseada na proteção da *área preparada da faixa da RW*, em relação a um B747-8 que taxia, é de 139,2m. No entanto são necessários estudos específicos no aeroporto para avaliação da interferência ILS. Neste caso colabora o fato de a altura do estabilizador da nova aeronave ser a mesma do B747-400;
- **OFZ:** aeronaves do *grupo geométrico F* podem operar de forma segura na OFZ do grupo E, conforme exposto no item 6.1.3 desta dissertação;
- **Distância da linha de espera:** 90m ao invés de 107,5m do *padrão*, com base em: *i*) aplicabilidade da OFZ do código E; *ii*) 90m é o *padrão* do grupo E, com base na mesma altura do estabilizador das aeronaves B747-8 e B747-400; e *iii*) menor risco de colisão pois a fuselagem é mais longa, o que põe o estabilizador a uma distância maior do centro da RW. No entanto são necessários estudos específicos no aeroporto para avaliação da interferência ILS. Neste caso colabora o fato de a altura do estabilizador da nova aeronave ser a mesma do B747-400;
- **Separação entre duas TWs:** *folga entre pontas de asas* mínima de 11m, para duas aeronaves alinhadas com o centro de TWs paralelas, ou em curva seguindo a linha guia. Suportam essa flexibilização: *i*) recomendações da ICAO Doc 7754 (2001b); *ii*) estudos estatísticos de desvios na TW; *iii*) conclusão do AACG permite a utilização desta separação para o A380, desde que luzes sejam providas no centro da RW ou que orientação equivalente seja fornecida. Em condições de baixa visibilidade deve ser provida iluminação da linha guia ou orientação equivalente (*marshaller*, por exemplo)
- **Separação entre uma TW e um objeto:** *folga de ponta de asa* mínima de 9m contra o *padrão* de 17,5m. Mesmas justificativas apresentadas na separação entre duas TWs.
- **Separação entre uma TL e um objeto:** margem mínima de 7,5m contra o *padrão* de 10,5m considerando movimentos retilíneos ou quando a linha guia

é seguida (*cockpit over centerline*). Mesmas justificativas apresentadas na separação entre duas TWs.

- **Largura da ponte em uma TW:** mínimo de 44m para a parte capaz de suportar o B747-8 e operações de emergência e por questões de *jet blast*. Os fatores que suportam a flexibilização: *i) mesmo wheel span* do B747; *ii) mesma distância entre os motores externos* do B747; e *iii) contornos de velocidade durante o táxi similares* ao B747-400;
- **RESA:** largura mínima de 90m com base no dobro da largura da RW, baseando em: *i) previsão de aprovação de uso de RWs de 45m pela EASA e FAA;* *ii) histórico satisfatório da operação do B747 em RWs de 45m de largura;* e *iii) saídas da RW diminuiram significativamente durante o período de serviço do B747.*

Os anexos do referido documento obedecem à seguinte descrição:

- **Anexo A:** Análise de riscos para os componentes do lado aéreo seguindo o modelo apresentado na ICAO Cir 301 (2005b): identificação de riscos; análise causal; análise de consequências e medidas mitigatórias;
- **Anexo B:** Características físicas e desempenho da aeronave B747-8;
- **Anexo C:** Lista de estudos e referências relacionados aos *padrões e recomendações* da ICAO Annex14 (2004a);
- **Anexo D:** Separações em TWs - AOPG⁴⁶ (747-400) *versus* AACG (A380-800);
- **Anexo E:** uma parte da ICAO Doc 7754 (2001b);
- **Anexo F:** dados de separações entre RWs e TWs de diversos aeroportos mundiais;
- **Anexo G:** *padrão* da FAA para a separação entre RWs e TWs;
- **Anexo H:** processo para a aprovação da modificação de *padrões* de projeto na FAA;
- **Anexo I:** situação atual da aprovação da operação da aeronave B747-8 em RWs com 45m de largura junto à FAA.

6.1.3 FLEXIBILIZAÇÃO DA OFZ CONFORME ICAO CIR301 (2005b)

Esta seção apresenta informações contidas na ICAO Cir 301 (2005b). O propósito do documento é fornecer informações operacionais aos Estados que desejam introduzir aeronaves NLAs em aeroportos existentes com *pistas para*

⁴⁶ AOPG – *Aerodrome Operations Planning Group*. Desenvolveu as exigências operacionais para o 747-400, contidas na ICAO Doc 7754 (2001b)

aproximação de precisão de categorias *I*, *II* e *III*. As informações são baseadas nos resultados de um estudo aeronáutico conduzido pela FAA, o qual investiga a probabilidade de colisão durante um *pouso interrompido (balked landing)*, para uma aeronave de categoria *F*, operando em um aeródromo cujo *grupo geométrico* é *E*.

As avaliações foram realizadas tanto para o caso de uso de piloto automático como no caso de uso de *flight director*. Trata-se de um estudo bastante amplo, com a descrição dos cenários, dos métodos de simulação e do tratamento dos dados.

As informações apresentadas a seguir foram extraídas do *Capítulo 3 da Parte I* da ICAO Cir 301 (2005b), fornecendo informações sobre como implementar os resultados do estudo em aeroportos de categoria *E* que esperam acomodar aeronaves do *grupo geométrico F*. O estudo sugere que as dimensões da OFZ de *pouso interrompido*, associada ao *grupo geométrico E* poderiam ser adequadas para proteger-se uma aeronave abaixo da *altura de decisão* desde que o piloto automático ou o *flight director* esteja sendo usado e desde que a função *ground track hold* esteja em uso.

Especificamente, a OFZ do código *E* pode ser usada para aeronaves do tipo NLA com estas capacidades. Caso se pretenda operar aterrissagem automática (*autoland*), é importante que haja proteção adequada aos sinais ILS.

O estudo apontou que 155m é um valor adequado e até conservador para a largura da OFZ *faixa da pista de pouso e decolagem*⁴⁷, para aeronaves cujo *grupo geométrico* é *F*.

Para aeródromos de código *E* a largura total da OFZ da *faixa da pista de pouso e decolagem* é de 120m. O estudo mostra que uma aeronave do grupo geométrico *F* equipada com piloto automático ou *flight director* e *track hold guidance* fica contida dentro da OFZ do código *E*. Consequentemente a *superfície de pouso interrompido* do *grupo geométrico E* pode ser usada para aeronaves do *grupo geométrico F*.

Tanto a largura total de 120m quanto a declividade de 1:3 foram consideradas adequadas.

⁴⁷ Diferentemente da FAA, a ICAO não prescreve uma OFZ no nível da RW (ROFZ- runway object free zone). No entanto esta área fica subentendida à partir da descrição da *superfície de transição interna* do item 4.9.1.1.2 . E a distância que a *superfície de transição interna* se encontra a partir do eixo da RW corresponde à *área restrita da faixa da RW*, descrita no item 4.7.1.3.

6.1.4 METODOLOGIA PARA ESTUDOS QUE SUPORTAM FLEXIBILIZAÇÕES CONFORME ICAO CIR305 (2004c)

Esta seção apresenta a ICAO Cir 305 (2004c), que trata da compatibilização de aeronaves de categoria *F* em aeródromos de categoria *E*, discutindo relações entre os *padrões* de projeto e características das novas aeronaves da categoria *F*. Além disso, as informações apresentadas são úteis para a compatibilização de aeronaves, que mesmo pertencendo à categoria *E*, possuem fuselagem e *base de rodas* bastante avantajadas, impactando em certos componentes do aeródromo. O documento apresenta também informações sobre como realizar estudos aeronáuticos relacionados, e coloca que a responsabilidade pela flexibilização de qualquer *padrão* é do Estado que a autoriza.

6.1.4.1 Impactos de NLAs sobre um aeródromo

Esta seção relaciona o impacto que as características *NLAs* podem exercer sobre certos componentes de aeródromos existentes que não cumprem os requisitos da categoria *F*.

- **Comprimento da fuselagem:** *pátio; baías de espera;* instalações de manutenção e serviços; instalações anti-congelamento; posições de estacionamento; folga na traseira da aeronave; categoria de resgate e combate a incêndio; portões de embarque;
- **Largura da fuselagem:** categoria para resgate e combate a incêndio;
- **Altura da fuselagem:** instalações de manutenção e serviços; posição da *barra de parada;* OFZ; portões de embarque;
- **Envergadura:** largura dos *acostamentos;* *pátio; baías de espera;* instalações de manutenção e serviços; posições de estacionamento, posição da *barra de parada;* OFZ; separação entre uma RW e uma TW; separação entre TWs e TWs e objetos; esteira de turbulência; escolha do portão; serviços de manutenção do aeródromo (ex.: remoção de neve); equipamentos de reboque; veículos de serviço e equipamentos de remoção;
- **Distância entre a ponta da asa e o chão:** separação entre TWs e objetos; separação entre o *pátio/baías de espera* e objetos; altura e posição da sinalização do lado aéreo; serviços de manutenção do aeródromo (ex.: remoção de neve);
- **Altura do estabilizador:** instalações de manutenção e serviços; instalações anti-congelamento; posição da *barra de parada;* área de estacionamento de aeronaves; áreas sensíveis do sistema ILS; OFZ;

- **Distância entre o centro da cabine de comando e a roda da bequilha:** *pátio; baías de espera; sobrelarguras; áreas de giro; posições de estacionamento;*
- **Base de rodas:** *pátio; baías de espera; sobrelarguras; áreas de giro; posições de estacionamento;*
- **Wheel span:** *pátio; baías de espera; sobrelarguras; áreas de giro;*
- **Capacidade máxima de passageiros e carga:** terminal de passageiros; sistema de armazenamento e distribuição de combustíveis; plano de emergência do aeródromo; categoria de resgate e combate à incêndio; portões de embarque;
- **Peso máximo da aeronave:** esteira de turbulência; equipamentos de reboque, veículos de serviços e equipamentos de remoção; projeto de pavimentos e fundações; limitação de operação sobre estruturas como pontes, túneis e galerias;
- **Pressão dos pneus, geometria do trem de pouso e parâmetro ACN:** largura dos *acostamentos*; projeto de pavimentos e fundações;
- **Quantidade e posição dos motores:** largura dos *acostamentos*; largura das pontes que comportam *pistas de táxi*; luzes da borda das RWs e TWs; altura e posição da sinalização do lado aéreo; serviços de manutenção do aeródromo (ex: veículos de remoção de neve); dimensões e localização de *blast fences*;
- **Jet blast:** largura dos *acostamentos*; largura das pontes que comportam *pistas de táxi*; áreas de giro; *blast pads*; distância mínima entre uma aeronave com motores ligados e veículos e pessoal em solo; resistência mecânica da sinalização; características das luzes das RWs e TWs; altura e posição da sinalização do lado aéreo; serviços de manutenção do aeródromo; dimensão e localização das *blast fences*;
- **Sistema reversor:** largura da *pista de pouso e decolagem*; largura dos *acostamentos*;
- **Sistema de direção do trem:** *pátio; baías de espera; áreas de giro;*
- **Aterrissagem (modo manual e automático):** largura da RW; OFZ; separação entre uma RW e uma TW; referência visual da RW; sinalização e iluminação da RW, TW, *pátio* e *baías de espera*; esteira de turbulência;
- **Visão a partir da cabine de comando:** *sobrelarguras*; sinalização e iluminação da RW, TW, *pátio* e *baías de espera*; altura e posição da sinalização do lado aéreo; distâncias de visão;

- **Evolução tecnológica:** largura da *pista de pouso e decolagem*; largura da *pista de táxi*; largura dos *acostamentos*; posição da *barra de parada*; OFZ; área de estacionamento de aeronaves; aspectos ambientais.

6.1.4.2 Metodologia para estudos aeronáuticos

O documento ICAO Annex 14 (2004a) permite que, mediante um estudo aeronáutico, alguns *critérios de projeto* sejam flexibilizados. Os seguintes aspectos de segurança devem ser avaliados em estudos aeronáuticos:

- Probabilidade de colisão;
- Probabilidade de saída de uma área pavimentada;
- Risco de ingestão de objetos estranhos pelos motores.

A segurança quanto a estes riscos pode ser avaliada com base em parâmetros como:

- Distância entre as linhas de centro de uma RW e de uma TW;
- Distância entre as linhas de centro de duas TWs paralelas;
- Distância entre a linha de centro de uma TW e um objeto;
- Distância entre a linha de centro de uma TL e um objeto;
- Dimensões da RW, das TWs e dos seus *acostamentos*;
- Proteção dos motores contra a ingestão de material estranho.

O estudo deve iniciar apontando o nível de conformidade do aeródromo com os critérios do *grupo geométrico F* e as não conformidades devem ser identificadas. A análise dos riscos deve levantar possíveis eventos indesejáveis, com base na experiência e em julgamento operacional. Tal análise deve cobrir:

- Os fatores causais e os eventos críticos baseados em uma análise causal a partir de dados disponíveis sobre acidentes e incidentes;
- Da mesma forma, deve-se analisar a gravidade das consequências do acidente.

O nível de gravidade (*minor, major, hazardous e catastrophic*) pode ser deduzido a partir das consequências aos ocupantes e à aeronave. O *apêndice B* da ICAO Cir 305 (2004c) contém informações que esclarecem o nível de gravidade (*severity level*), que é ilustrado pela Figura 6.1-1.

Effect on aircraft and occupants		Normal		Nuisance		<ul style="list-style-type: none">• Slight reduction in safety margins• Slight increase in crew workload• Inconvenience to occupants		<ul style="list-style-type: none">• Significant reduction in safety margins• Significant increase in crew workload• Passenger injuries		<ul style="list-style-type: none">• Large reduction in safety margins• Physical distress or higher workload such that the flight crew cannot be relied upon to perform their tasks accurately or completely• Serious or fatal injury to a small number of occupants		<ul style="list-style-type: none">• Multiple fatalities• Loss of the aeroplane	
Numeric probability	10	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰		
FAR		←----- PROBABLE ----->					←----- IMPROBABLE ----->				EXTREMELY IMPROBABLE		
JAR-25		<---- FREQUENT ---->			REASONABLY PROBABLE		REMOTE		EXTREMELY REMOTE				
Classification of severity level		←----- MINOR ----->					MAJOR		HAZARDOUS		CATASTROPHIC		

Figura 6.1-1– Nível de gravidade (severity level). FONTE: ICAO Cir 305 (2004c)

A análise de risco pode ser quantitativa ou qualitativa, neste caso tendo por base a comparação com uma situação existente. Dependendo da natureza do risco, três métodos podem ser utilizados para avaliar se o mesmo está ou não sob controle:

- **Método A:** Para certos perigos, a avaliação de riscos depende das características de desempenho e manobrabilidade da aeronave e da infraestrutura. A avaliação de riscos, portanto, pode se basear no projeto da aeronave, certificação, resultados de simulação e análise de acidentes;
- **Método B:** em outras situações a avaliação de risco não está diretamente associada às características de desempenho e manobrabilidade da aeronave. Neste caso a análise de riscos pode ser baseada em estatísticas (desvios, por exemplo) de aviões existentes ou em dados de acidentes. Modelos quantitativos de risco podem se adaptar bem a este tipo de avaliação;
- **Método C:** Nesse caso um “estudo de avaliação de riscos” não é necessário. Um simples argumento geométrico pode ser suficiente para calcular as necessidades de infraestrutura de uma aeronave NLA.

O entendimento dos riscos é a base para a subsequente avaliação de medidas alternativas, procedimentos operacionais e restrições operacionais para a acomodação de uma aeronave NLA em um aeródromo existente.

O *Capítulo 4* da ICAO Cir 305 (2004c) apresenta uma série de critérios a serem avaliados para a flexibilização dos *padrões* de projeto de vários componentes do aeródromo.

6.1.5 ESTUDOS SOBRE MODIFICAÇÕES DE *PADRÕES* DA ICAO

Os documentos enumerados a seguir apresentam estudos que, ou fazem parte da base de avaliação para a elaboração dos *Common Agreement Documents* para o A380 e o B747-8, ou se baseiam nestes documentos e podem ser obtidos do *website NLA Forum*.⁴⁸

- *Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea* (2005);
- *Aéroports de Paris* (2008a);
- *Aéroports de Paris* (2008b);
- *Direction générale de l'Aviation Civile* (2008); e
- Norwegian Civil Aviation Authority (2008).

6.2 FLEXIBILIZAÇÃO DE *PADRÕES* DA FAA

A FAA tem emitido um conjunto de documentos que tratam da flexibilização de *padrões* do 6º grupo geométrico para acomodação das aeronaves A380-800 e B747-8 em aeroportos existentes. A Tabela 6.2-1 apresenta uma série de EBs emitida para *pistas de pouso e decolagem* e *pistas de táxi*. Os EBs são referências para modificações nos *padrões* de projeto (*MoSs*), quando não é possível que um dado aeroporto atenda aos *padrões*.

Tabela 6.2-1 – EBs da FAA relacionados à acomodação das aeronaves A380 e B747-8

Nº do EB	FONTE	Conteúdo
63B	FAA EB Nº 63B (2007a)	Operação do A380 em TWs de 23m de largura sem a utilização de câmeras de auxílio (<i>on-board taxi-camera system</i>).
65A	FAA EB Nº 65A (2007c)	Operação do A380 em RWs de 45m de largura. A largura total entre a RW e os <i>acostamentos</i> deve somar 75m. No caso de RWs com 45m de largura e <i>acostamentos</i> menores do que 15m em cada lado, a FAA pode autorizar operações temporárias, sujeitas a procedimentos especiais que incluem a inspeção de objetos estranhos (<i>debris</i>) entre as operações.
73	FAA EB Nº 73 (2007b)	Operação do B747-8 em TWs de 23m de largura com a utilização de <i>acostamentos</i> de 35pés (~10,5m).
74	FAA EB Nº 74 (2008)	Operação do B747-8 em RWs de 45m de largura, com a utilização de <i>acostamentos</i> de resistência maior do que a usual (<i>inner shoulder</i> com 7,5m de largura em cada lado) e <i>acostamentos</i> de 12m,

⁴⁸ Em geral estes estudos foram elaborados antes da entrada em operação da aeronave A380, sendo baseados, portanto, em previsões das características desta aeronave.

Nº do EB	FONTE	Conteúdo
		também em cada lado. O <i>inner shoulder</i> é um tipo de pavimento de resistência menor do que o da RW e está situado em um local onde substitui o acostamento antigo. Este EB especifica <i>padrões</i> de carregamento a serem considerados. Trata-se de uma aprovação de modificação temporária, prevista para um período máximo de 5 anos. É uma alternativa que permite aos aeroportos terem um maior tempo para planejar a construção de RWs que atendam aos <i>padrões</i> . Como se vê este EB é mais restritivo do que aquele referente ao A380 (EB65A). Isso porque a aeronave da Airbus já demonstrou em testes uma dispersão compatível com uma RW de 45m. Trata-se de um aspecto de certificação. O B747-8, por sua vez, ainda não existia na época em que este EB foi emitido.
80	FAA EB Nº 80 (2010b)	Utilização de <i>folga do pavimento</i> de 4,5m para aeronaves do grupo <i>geométrico VI</i> .
81	FAA EB Nº 81 (2010a)	Utilização dos <i>padrões</i> separação (entre RW e TW paralelas) do grupo V para o B747-8.

FONTE: Compilado com base nas informações dos EBs

Em adição aos EBs, o *website* da FAA apresenta uma série de modificações de *padrões* de projeto (MoSs)⁴⁹ autorizadas em aeroportos dos EUA para a introdução de NLAs. É possível fazer o *download* destes documentos que apresentam croquis e desenhos em escala de diversos aeroportos onde MoOs foram autorizados. De uma maneira geral, estas flexibilizações se baseiam nos EBs. A sub-seção a seguir apresenta uma análise de *jet blast* utilizada para a aprovação de uma TOFA (*taxiway object free area*) fora dos *padrões*.

6.2.1 MoS PARA A LARGURA DA TOFA

Para o aeroporto de Anchorage, no Alaska, um documento⁵⁰ disponibilizado pela FAA no seu sítio eletrônico compara os contornos de velocidade do *jet blast* do B747-400ER e do A380F, sem no entanto, especificar os motores. Os contornos foram obtidos a partir do *software Pathplanner*, em quatro cenários construídos a partir da variação de dois parâmetros: velocidade de táxi (20mph e 30mph) e dois tipos de operação (deslocamento contínuo e deslocamento com parada e arrancada). A partir dos quatro cenários propostos, verifica-se que a dispersão lateral dos contornos de velocidade do *jet blast* de 35mph das duas aeronaves

⁴⁹ FAA – Modification of Standards. Disponível em: <http://www.faa.gov/airports/engineering/nla_mos/>. Acesso em setembro de 2010.

⁵⁰ *Rationale for Conditional Approval of a Modification of Standards for Taxiway CL to Fixed/Movable Object Separation at ANC for Airbus A380*. Disponível em: <http://www.faa.gov/airports/engineering/nla_mos/media/ANC_rationale_twy_cl_mos1_20040614.pdf>

praticamente se sobrepõem. A análise demonstrada se restringe à avaliação da dispersão lateral do *jet blast*, para efeitos de avaliação da largura disponível no aeroporto para a TOFA (*taxiway object free area*).

Tal análise foi realizada para avaliar-se o nível de segurança de uma TOFA fora dos *padrões* da FAA. O aeroporto em questão solicitou a utilização de uma *semi-largura* de 174pés (53m), enquanto o *padrão* para a *semi-largura* da TOFA para o *grupo geométrico VI* é de 190pés ($118m/2 = 58m$) e o *padrão* para o *grupo geométrico V* é de 160pés ($98m/2 = 49m$). O pedido feito pelo aeroporto foi aceito pela FAA com base nas análises descritas no parágrafo anterior.

Chama atenção o fato de que o documento da FAA cita o limite de velocidade de *jet blast* estipulado pela ICAO, que é ligeiramente superior, uma vez que a agência americana estabelece 30mph como velocidade limite.

6.3 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Este capítulo trata da acomodação das aeronaves A380 e B747-8 em aeroportos existentes nos quais não é possível atender-se aos requisitos dos *grupos geométricos* ICAO *F* ou FAA *VI*. Para tanto, são apresentadas as principais conclusões dos documentos *A380 Common Agreement Document* e *B747-8 Common Agreement Document*, no caso da ICAO, e de *Engineering Briefs* relacionados ao tema, no caso da FAA. Além disso, cita-se um conjunto de estudos e documentos técnicos relacionados.

Verifica-se que uma série de flexibilizações dos *padrões* de projeto tem sido propostas e implantadas, visando à acomodação destas aeronaves do 6º *grupo geométrico*. Diante disso, análise de acomodação destas aeronaves em aeroportos existentes deve considerar tais flexibilizações, sempre que não for possível atender aos *padrões* estabelecidos pelas normas.

CAPÍTULO 7 - ANÁLISE DO LADO AÉREO DO AEROPORTO DE GUARULHOS QUANTO À OPERAÇÃO DO A380-800 E DO B747-8

Neste capítulo apresenta-se uma análise da possibilidade de operação das aeronaves A380-800 e B747-8 no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos. Tal análise é realizada com base nos *critérios, metodologias e considerações de projeto* apresentados no Capítulos 4 e nas flexibilizações dos *padrões*, conforme o Capítulo 6. De forma preferencial utilizam-se os *padrões e recomendações* da ICAO, embora *padrões* da FAA também sejam utilizados, com o intuito de servir como justificativa para eventuais adoções de flexibilizações.

O aeroporto de São Paulo/Guarulhos foi selecionado para esta análise tendo-se em vista o interesse apresentado por algumas companhias aéreas em operar o A380-800 e o B747-8 neste aeroporto.

7.1 ARC

O A380-800 apresenta todas as características do 6° *grupo geométrico*, tanto para o ARC da ICAO, como da FAA, possuindo: uma envergadura muito próxima do 6° *grupo geométrico* da ICAO e da FAA; um *wheel span* que se encaixa no grupo geométrico ICAO *F* e uma altura de estabilizador igual à altura máxima do *grupo geométrico* FAA *VI*.

O B747-8 também se encaixa no 6° *grupo geométrico* das duas normas, em função de sua envergadura, que ultrapassa em pouco mais de três metros o limite do 5° *grupo geométrico*. Quanto ao *wheel span* e à altura do estabilizador, o B747-8 possui características do 5° *grupo geométrico* em ambas as normas.

Quanto ao elemento dinâmico do ARC, as duas aeronaves se encaixam nos grupos ICAO *4* e FAA *D*, coincidindo com a classificação do B747-400 nas duas normas.

Considerando-se a classificação das aeronaves nos quesitos envergadura, *wheel span* e altura do estabilizador, é de se esperar que o B747-8 seja mais fácil de acomodar do que o A380-800.

7.2 CRITÉRIOS DE PROJETO

Nesta seção analisa-se o vento de través de projeto e o *jet blast*.

7.2.1 VENTO DE TRAVÉS

Considerando-se os *padrões* de projeto do Capítulo 4, para as duas aeronaves sob análise, o vento de través máximo é de 20nós, para os critérios da ICAO e da FAA. Esse é o mesmo limite estabelecido para o B747-400, nas duas normas. Lembra-se que estes *padrões* servem como recomendação para a orientação da RW durante as fases de planejamento e projeto do aeródromo, não regulando a operação.

Do ponto de vista da operação, não é incomum que as aeronaves operem sob limites mais elevados para o vento de través. Os próprios AFMs (*Aircraft Flight Manuals*) apresentam o vento de través máximo encontrado durante os vôos de certificação (*demonstrated crosswind*), ao invés de fixarem um limite. Conforme informações da Boeing, operadores da região Ártica operam em ventos de través superiores a 45nós.

7.2.2 JET BLAST E FOD

Como discutido no item 5.2.2, as normas da ICAO e da FAA não apresentam uma metodologia consistente e ampla para a avaliação dos efeitos do *jet blast*, apesar de ressaltarem sua importância no projeto e na operação de aeródromos. Por outro lado, cabe mencionar-se que alguns efeitos do *jet blast* estão implicitamente considerados nos *critérios de projeto* referentes a separações e áreas pavimentadas. Disso, se pode intuir que o atendimento aos *padrões e recomendações* gera um certo nível de proteção contra os efeitos do *jet blast*. Portanto, quando flexibilizações dos *padrões* são propostas, é necessária a devida consideração.

Verificou-se que a FAA utiliza métodos comparativos para a aprovação de modificações dos *padrões* de projeto⁵¹ relacionados ao *jet blast*, e o *padrão* de comparação é a aeronave B747-400 (ver item 6.2.1). Por isso, e pela falta de uma metodologia mais sofisticada para a análise dos efeitos do *jet blast*, optou-se, neste trabalho, por métodos comparativos.

Tal abordagem consiste na comparação entre as curvas de velocidade do *jet blast* das aeronaves B747-8 e A380-800 e das aeronaves B747-400 e A340-600. Estas duas últimas aeronaves pertencem ao 5º grupo geométrico e foram escolhidas por serem as aeronaves mais críticas, quanto à posição dos motores, atualmente em operação no aeródromo sob análise. A partir dos APMs (*Airport Planning Manuals*)

⁵¹ MOSs – *modification of standards*

foram extraídas três informações: distância máxima lateral da área de sucção da turbina desde a linha de centro da aeronave; dispersão máxima lateral de um dado contorno de velocidade, também em relação à linha de centro da aeronave; e distância máxima longitudinal de um dado contorno de velocidade desde a cauda e desde a bequilha.

7.2.2.1 Análise de FOD

As análises de sucção foram realizadas somente para as aeronaves Airbus, uma vez, que para as demais, tal informação não consta nos APMs.

A Tabela 7.2-1 mostra a distância lateral da área de sucção desde a linha de centro da aeronave para três níveis de empuxo. Mostra também os *padrões* para a largura combinada entre um acostamento e a semi-largura da RW e da TW. Nestas semi-larguras considera-se também o desvio da aeronave em relação à linha de centro da RW ou TW. Para as RWs o desvio assumido é de 9,1m, conforme a FAA FAR 25.149 (2002), utilizada para certificação de aeronaves de transporte (*Transport Category Airplanes*). Para TWs, o desvio considerado é tal que a aeronave não viole a folga do pavimento, conforme a semi-largura L, obtida pela Equação 7.2-1, onde: L_{TW} representa a largura da RW; $L_{acostamento}$ representa a largura do acostamento; WS representa o *wheel span*; e M, a *folga do pavimento*:

$$L = \frac{L_{TW}}{2} + \frac{L_{acostamento}}{2} - \left(\frac{L_{TW}}{2} - \left(\frac{WS}{2} + M \right) \right) = \frac{L_{acostamento}}{2} + \frac{WS}{2} + M \quad (7.2-1)$$

Ainda, a Tabela 7.2-1 apresenta a distância entre o centro da turbina mais externa e o eixo longitudinal da aeronave, medida ortogonalmente a este.

Organizando-se os dados da Tabela 7.2-1, é possível obter-se a Tabela 7.2-2, onde o atendimento dos critérios propostos é avaliado para: o A340-600, tendo-se em vista os *padrões* do 5º grupo geométrico para RWs e TWs; o A380-800, tendo-se em vista os *padrões* do 6º grupo geométrico para RWs e TWs; e o A380-800, tendo-se em vista os *padrões* do 5º grupo geométrico para RWs e TWs. Nesta tabela, apresentam-se as folgas para o atendimento de cada critério, utilizando-se um contraste de fonte e fundo para as células.

Se for admitido que o A380-800 deve, no mínimo, atender aos critérios que o A340-600 atende, as seguintes observações podem ser feitas:

- Os *padrões* da ICAO para o 6º grupo geométrico são suficientes para que o A380-800 atenda aos mesmos critérios atendidos pelo A340-600, ou seja, CR1, CR2, CR3, CR4 e CR7.

- Já os *padrões* do 5º grupo geométrico fazem com que o A380-800 viole alguns dos critérios que o A340-600 atende, ou seja, CR1, CR2, CR4 e CR7.

Tabela 7.2-1 – Distâncias laterais de sucção, semi-larguras *padrão* das RWs e TWs e posição do centro das turbinas, tomando-se como referência o eixo longitudinal da aeronave

Padrões de projeto e características das aeronaves			Aeronaves	
			A340-600 e (5° grupo geométrico)	A380-800 e (6° grupo geométrico)
Semi-larguras das áreas pavimentadas	Semi-largura <i>padrão</i> para a TW + acostamento	ICAO	22m	30m
		FAA	22m	27m
	Semi-largura <i>padrão</i> para a TW + acostamento – desvio (L), conforme Equação 7.2-1	ICAO	21m a	29,1m b
		FAA	21m c	23,6m d
	Semi-largura <i>padrão</i> para a RW + acostamento	ICAO	30m	37,5m
		FAA	33m	42m
	Semi-largura <i>padrão</i> para a RW + acostamento - desvio previsto no parágrafo 25.149 da ANAC RBAC 25 (2009b)	ICAO	20,9m	28,4m
		FAA	23,9m	32,9m
Distância o contorno de sucção, desde a linha de centro longitudinal da aeronave f	Idle thrust		27m	30m
	Breakaway thrust		27m	32m
	Take-off thrust		27m	35m
Posição da linha de centro da turbina mais externa em relação ao eixo longitudinal da aeronave			19m	26m

FONTE: Preparado a partir dos APMs das aeronaves e dos *padrões* da ICAO e da FAA para RWs e TWs.

|a: $L_{acostamento}=10,5m$; $WS=12m$ e $M=4,5m$. |b: $L_{acostamento}=17,5m$; $WS=14,2m$ e $M=4,5m$. |c: $L_{acostamento}=10,5m$; $WS=12m$ e $M=4,5m$. |d: $L_{acostamento}=12m$; $WS=14,2m$ e $M=4,5m$. |e: A340-600 com motor TRENT 500 e A380-800 com motor TRENT 900.

|f: Dados obtidos do APM, a partir de um desenho em escala.

Já o B747-8 tem um importante argumento a seu favor para que esta aeronave seja autorizada a operar nas mesmas RWs e TWs (considerando-se a largura combinada entre estas e os *acostamentos*) que o B747-400: a distância entre o centro da turbina mais externa fica à mesma distância do centro da fuselagem para as duas aeronaves. Além disso, na nova aeronave a turbina mais externa fica a uma altura maior do chão, na ordem de 1m. A própria Boeing utiliza estes aspectos geométricos como justificativa para operação do B747-8 em RWs e TWs que comportam o B747-400, considerando-se os efeitos de sucção gerados pela turbina.

Tabela 7.2-2 – Folgas quanto à distância de sucção e quanto à posição da turbina desde a linha de centro longitudinal da aeronave (m)

Critérios			A340-600 (padrões do 5º grupo geométrico) a			A380-800 (padrões do 6º grupo geométrico) a			A380-800 (padrões do 5º grupo geométrico) a		
			I	B	T	I	B	T	I	B	T
Abrigo do centro da turbina mais externa na área pavimentada formada entre o acostamento e a:	TW, sem desvio (CR1)	ICAO	2,8			4,3			-3,7		
		FAA	2,8			1,3			-3,7		
	RW, com desvio (CR2)	ICAO	1,8			3,4			-4,7		
		FAA	1,8			-2,1			-4,7		
	RW, sem desvio (CR3)	ICAO	10,8			11,8			4,3		
		FAA	13,8			16,3			7,3		
	RW, com desvio (CR4)	ICAO	1,7			2,7			-4,8		
		FAA	4,7			7,2			-1,8		
Abrigo do contorno lateral de sucção na área pavimentada formada entre o acostamento e a: b	TW, sem desvio (CR1)	ICAO	-5	-5	-5	0	-2	-5	-8	-10	-13
		FAA	-5	-5	-5	-3	-5	-8	-8	-10	-13
	RW, com desvio (CR2)	ICAO	-6	-6	-6	-1	-3	-5	-9	-11	-14
		FAA	-6	-6	-6	-6	-8	-11	-9	-11	-14
	RW, sem desvio (CR3)	ICAO	3	3	3	7	5	3	-0,2	-1,7	-4,6
		FAA	6	6	6	12	10	7	3	1	-1,6
	RW, com desvio (CR4)	ICAO	-6	-6	-6	-2	-3	-6	-9	-11	-14
		FAA	-3	-3	-3	3	1	-2	-6	-8	-11

FONTE: Preparado a partir dos APMs das aeronaves e dos padrões da ICAO e da FAA para RWs e TWs.

a: |I: *Idle Thrust*. |B: *Breakaway Thrust*. |T: *Take-off Thrust*.

b: Dados obtidos do APM, a partir de um desenho em escala.

7.2.2.1.1 Análise da dispersão lateral do contorno de 35mph

A dispersão máxima do contorno de 35mph é mostrada na Figura 7.2-1, de onde se confirma a tendência esperada, de que, o contorno de velocidade se afasta da linha de centro da aeronave conforme aumenta o nível de empuxo. Os mesmos dados foram utilizados para a construção da Tabela 7.2-3. Desta tabela nota-se que a aeronave B747-8 possui acréscimos muito pequenos em relação às aeronaves B747-400 e A340-600 e decréscimos mais substanciais. Já o A380-800 merece

atenção, à medida que apresenta acréscimos consideráveis em relação às duas aeronaves.

Tabela 7.2-3 – Variação entre a dispersão lateral máxima do contorno *jet blast* a 35mph

Nível de empuxo Aeronaves	<i>Idle Thrust</i>		<i>Breakaway Thrust</i>		<i>Take-off Thrust</i>	
	A380-800 a	B747-8	A380-800 a	B747-8	A380-800 a	B747-8
A340-600	5m	-1m	12m	1m	20m	1m
B747-400	7m	1m	8m	-4m	10m	-9m

FONTE: Adaptado a partir do APMs das aeronaves

|a: com base na motorização que gera o contorno mais demandante.

Figura 7.2-1 – Dispersão lateral máxima do *jet blast* de 35mph. FONTE: Adaptado dos APMs das aeronaves

7.2.2.1.2 Análise da dispersão longitudinal do contorno de 35mph

A Figura 7.2-2 e a Figura 7.2-3 apresentam a distâncias máximas longitudinais do *jet blast* a 35mph desde a bequilha e desde a cauda, respectivamente. Para o nível de empuxo de decolagem a dispersão mais alta é do B747-8, que supera em 155m o segundo colocado que é o B747-400. Este aumento pode exigir um distanciamento maior de pessoas e veículos da *cabeceira* da RW no momento em que um B747-8 pousa ou decola. Já para o nível de empuxo de partida (*breakaway*) o B747-400 é a aeronave crítica. Já para o menor nível de empuxo as duas novas aeronaves apresentam um acréscimo da ordem de dezenas de metros em relação ao B747-400. Isso pode exigir um distanciamento maior de pessoas e veículos no pátio, quando o A380-800 ou o B747-8 estão com os motores ligados.

Figura 7.2-2 – Dispersão longitudinal máxima do *jet blast* a 35mph, desde a bequilha.
FONTE: Adaptado a partir dos APMs das aeronaves

Figura 7.2-3 – Dispersão longitudinal máxima do *jet blast* a 35mph, desde a cauda.
FONTE: Adaptado a partir dos APMs das aeronaves

7.2.2.1.3 Análise da dispersão de velocidades maiores do que 35mph

Para velocidades do *jet blast* maiores do que 35mph não foi possível a realização de comparações entre todas as velocidades e aeronaves, à medida que não existe uma padronização das velocidades utilizadas nos APMs. Mesmo assim, algumas afirmações podem ser feitas com base na Tabela 7.2-4. Estas velocidades, acima de 35mph, são importantes para a consideração de EFAs (*Efeitos do Fluxo de Ar*) sobre equipamentos, estruturas e prédios, bem como EEs (*Efeitos de Erosão*) e EAMs (*Efeitos do Arremesso de Materiais*), conforme discutido no item 5.2.2.

Sobre a dispersão lateral, O A380-800 apresenta aumento nos contornos de velocidade na ordem de 4m, 8m e 14m para cada nível de empuxo, do menor para o

maior, respectivamente. Já os dados referentes aos níveis de empuxo de partida e decolagem, mostram que o B747-8 apresenta variações bem menores e quase todas negativas, para a dispersão lateral dos contornos de velocidade, em relação às aeronaves A340-600 e B747-400.

Sobre a dispersão longitudinal, verifica-se que, nos dois níveis menores de empuxo, o A380-800 possui variações muito pequenas, enquanto a variação do B747-8 é mais importante. No nível de empuxo de decolagem os dados podem ser separados em três grupos:

- O A380-800 e o B747-8 apresentam aumentos da ordem de 100m em relação ao A340-600 para as velocidades de 50, 60 e 100 *mph* e em relação ao B747-400 para a velocidade de 50*mph*;
- O A380-800 e o B747-8 apresentam aumentos pequenos em relação ao B747-400 na velocidade de 100*mph*; e
- O B747-8 apresenta uma redução de cerca de 40m para o contorno de 150*mph* do B747-400.

Tabela 7.2-4 – Variação da dispersão lateral e longitudinal do *jet blast*: A380-800 e B747-8 versus A340-600 e B747-400

Parâmetro	Aeronave	Velocidade (mph)	Idle Thrust		Breakaway Thrust		Take-off Thrust	
			B747-8	A380-800	B747-8	A380-800	B747-8	A380-800
Dispersão lateral	A340-600	68	-	5m	-	8m	-	15m
		100	-	4m	-1m	8m	2m	14m
	B747-400	50	-	-	-4m	-	-6m	-
		100	-	-	-	-	-2m	10m
		150	-	-	-	-	-1m	-
Dispersão longitudinal	A340-600	68	-	4m	-	4m	-	111m
		100	-	3m	21m	2m	104m	88m
	B747-400	50	-	-		-	99m	-
		100	-	-	-	-	19m	2m
		150	-	-	-	-	-43m	-

FONTE: Adaptado a partir do APMs das aeronaves

7.3 ÁREAS PAVIMENTADAS PRINCIPAIS

7.3.1 LARGURA DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

As duas pistas do SBGR possuem 45m de largura, ou seja, menos do que o *padrão* do 6º grupo geométrico, que é de 60m, nas duas normas. No entanto, as flexibilizações aos *padrões* que constam no AACG, no BACG e nos EBs, permitem a

utilização de 45m, para as duas aeronaves em questão, guardadas algumas condições.

Para o A380-800, o AACG permite a utilização de pistas de 45m de largura, porém o documento cita o provimento de *inner shoulders*, de forma a completar-se 60m de largura, indicando que tal pavimento adicional deveria oferecer pelo menos uma capacidade de suporte para desvios eventuais. Já a FAA EB65A (2007c), com base na certificação da aeronave, permite que a mesma opere em pistas com um mínimo de 45m de largura.

Para o B747-8, o BACG também permite a utilização de pistas de 45m de largura, mas deixa aos Estados a responsabilidade de avaliar a necessidade de utilização de *acostamentos* com pavimento de maior capacidade de suporte (*inner shoulder*). Já a FAA EB74 (2008a)⁵² permite a utilização de pistas de 45m de largura, desde que sejam providos *acostamentos* de 7,5m de largura em cada lado, com uma capacidade de suporte mínima especificada. Ainda, este EB limita em um prazo de cinco anos a utilização da flexibilização, de forma a dar prazo para a construção de uma RW em conformidade com os requisitos do *grupo geométrico VI*.

7.3.2 ACOSTAMENTOS DA PISTA DE POUSO E DECOLAGEM

Como visto no item anterior, as modificações nos *acostamentos* dependem das modificações da RW. Atualmente os *acostamentos* das duas RWs possuem uma largura na ordem de 7,5m, o que resulta em uma largura total de 60m ($45m + 2 \times 7,5m$). Isso está conforme com o *padrão* da ICAO para o 5° *grupo geométrico*. Já para o 6° *grupo geométrico* é exigida uma largura combinada de 75m pelos *padrões* da ICAO e de 84m pelos *padrões* da FAA.

Para o A380-800, conforme o AACG, seria necessário prover-se uma largura mínima da área pavimentada/estabilizada de 75m. A FAA EB65A (2007c) também especifica 75m como largura mínima da área pavimentada para o A380-800.

Para o B747-8 o BACG permite uma largura mínima de 60m, o que torna adequada a atual largura combinada entre RW e *acostamentos*. A FAA EB74 (2008a)⁵³, coloca a necessidade de *inner shoulders* com capacidade de suporte suficiente para acomodar desvios eventuais da aeronave e *acostamentos* adicionais de 12m em cada lado. Com isso a largura total do pavimento atinge a *especificação padrão* para o *grupo geométrico VI*, que é de 84m. Ainda, este EB limita em prazo de

⁵² Este EB foi publicado em uma data anterior à certificação do B747-8.

⁵³ Este EB foi publicado em uma data anterior à certificação do B747-8.

cinco anos o uso desta flexibilização. Após este período é necessário o atendimento aos critérios do *grupo geométrico VI*.

7.3.3 BLAST PADS

Os quatro finais de pista possuem uma área pavimentada de 60m de comprimento e a mesma largura da área combinada entre a RW e os *acostamentos*. Uma vez que as SWYs não são utilizadas para cálculo da TORA, então as quatro SWYs servem ao propósito de *blast pads*.

Conforme os *padrões* da ICAO, o comprimento atual das *blast pads* está de acordo para aeronaves menores do que o B747. Para atender-se a aeronaves como o A380-800, o B747-8 e o próprio B747-400, seria necessário aumentar-se o comprimento das *blast pads* para 120m. Seriam necessárias também correções para dar às *blast pads* a mesma largura do conjunto *RW + acostamentos*. Estas modificações podem não ser necessárias nas duas RWs, dependendo da utilização destas pelas três aeronaves recém citadas.

7.3.4 LARGURA DAS PISTAS DE TÁXI

Nos trechos retilíneos as TWs possuem uma largura de 23m. Isso está de acordo com os *padrões* da ICAO e da FAA para aeronaves do 5º *grupo geométrico*. Mas está dois metros abaixo do *padrão* de largura do 6º *grupo geométrico* da ICAO, e 7m aquém do *padrão* FAA para aeronaves do 6º *grupo geométrico*.

Por outro lado, deve-se considerar que a largura da TW se baseia na *folga do pavimento*, que é de 4,5m nos *padrões* da ICAO e da FAA⁵⁴. Nesse sentido, o B747-8 já atende a esta folga, pois seu *wheel span* é muito próximo ao do B747-400. Já o A380-800 fere esta margem em apenas 0,3m ($14,3m + 2 \times 4,5m$). Tanto o AACG (A380-800) quanto o BACG (B747-8) permitem a utilização de uma largura de 23m para as TWs. Na mesma linha, a FAA EB N° 63B (2007a) e a FAA EB N° 73 (2007b) permitem a utilização de uma largura de 23m para o A380 e o B747-8, respectivamente.

7.3.5 ACOSTAMENTOS DA TW

Os *acostamentos* das TWs possuem 10,5m de largura, formando, com as TWs de 23m de largura, uma área pavimentada de 44m de largura.

⁵⁴ Pelo *padrão* da FAA a folga do pavimento é de 6m, mas a FAA EB N° 80 (2010b) permite a utilização de 4,5m, mediante uma flexibilização de *padrão* de projeto.

Isso está de acordo com o *padrão* da ICAO, para o *grupo geométrico* E, enquanto para o grupo F o *padrão* da ICAO seria de 60m.

Os *padrões* da FAA resultam em uma largura combinada entre a TW e os *acostamentos* de 44m para o 5° *grupo geométrico* e de 54m para o 6°.

Assim, os *padrões* da ICAO e da FAA exigem aumento dos *acostamentos* para o A380-800 e o B747-8.

No entanto, considerando-se as flexibilizações, o BACG permite a utilização de 44m para o B747-8. Na mesma linha, A FAA EB N° 73 (2007b) permite a utilização de *acostamentos* de 10,5m quando para o B747-8, mesmo quando a TW possui 23m de largura.

Para a aeronave A380-800 não existem flexibilizações previstas quanto a este critério.

7.3.6 PISTAS DE TÁXI DE SAÍDA RÁPIDA (PTSRs)

Componente não avaliado.

7.3.7 PISTAS DE TÁXI SOBRE PONTES

Não aplicável ao aeródromo em estudo.

7.4 DISTÂNCIAS DECLARADAS

7.4.1 ZONA DESIMPEDIDA (CLEARWAY-CWY)

Componente não avaliado, por depender das características de desempenho das aeronaves nas condições locais.

7.4.2 ZONA DE PARADA (STOPWAY-SWY)

A largura da SWY deve ter, no mínimo, a mesma da RW. As normas não apresentam informações sobre a necessidade de se prover *acostamentos* para SWYs. No entanto, devido à dupla função das SWYs, como discutido no item 7.3.3, as larguras totais destas áreas pavimentadas, deverão considerar o critério de largura total das *blast pads*

7.5 CURVAS E INTERSECÇÕES

O **fator de carga lateral**, limitado a 0,133g é um critério que limita o raio mínimo de uma dada curva no sistema de *pistas de táxi*, tendo-se em vista uma velocidade mínima de táxi. Se for admitido que este mesmo limite possa ser adotado

para o A380-800 e para o B747-8, então não se espera uma queda na velocidade de táxi devido a este fator.

Quando ao ângulo de esterçamento da aeronave (β), este cresce na razão direta do comprimento de referência da aeronave (d) e na razão inversa do raio da curva. Assim, para um dado raio, o maior ângulo de esterçamento ocorrerá para a aeronave com maior comprimento d . Admite-se d como a distância entre o centro da cabine de comando (N) e o centro geométrico das rodas do trem principal sem capacidade de esterçamento. Já o ângulo de esterçamento da bequilha (β_{beq}) cresce na razão direta das variáveis β e d_{beq} , o que é equivalente a dizer-se que este cresce na razão direta das variáveis d e d_{beq} . Portanto, uma análise comparativa entre as variáveis d e d_{beq} , é suficiente para entender-se qual aeronave é mais crítica quanto ao critério ângulo de esterçamento da bequilha, dado um raio. A Tabela 7.5-1 mostra estas dimensões e permite concluir que o ângulo de esterçamento da bequilha é mais crítico para as aeronaves A340-600 e B777-300ER do que para o A380-800 e para o B747-8.

Tabela 7.5-1 – Dimensões WS, d_{beq} e d de aeronaves selecionadas

Aeronave	Wheel span	Distância entre o centro do cockpit e a bequilha (d_{beq})	Comprimento de referência (d) a
A340-600	12,6m	4,2m	37,4m
B777-300ER	12,9m	3,6m	34,2m
B747-400ER	12,6m	2,3m	26,4m
A380-800	14,3m	2,1m	31,9m
B747-8	12,7m	2,4m	30,5m

FONTE: The Boeing Company. 747-8 Airport Compatibility ACI-NA. DFW, 6 de outubro de 2008. Disponível em: http://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2010_q3/3/.

|a: Distância entre o centro da cabine de comando e o centro do trem principal.

Embora as aeronaves A380-800 e o B747-8 apresentem um d menor, a geometria dessas aeronaves (posição do nariz, pontas de asa, trem de pouso, estabilizador) são mais demandantes, o que obriga a realização de análises ao longo do caminho de táxi e também nas posições de estacionamento, de forma a verificar-se o atendimento às folgas de projeto (*folga do pavimento*, TSA, OFA da TW e TL, *faixa da TW*, folga de ponta de asa, entre outros). Na falta de dados precisos sobre os raios ao longo do caminho de táxi, limita-se a análise da **trajetória de pontos de interesse** ao trem central. Esta análise também é comparativa, tendo-se por base aeronaves que já utilizam o SBGR.

Tendo-se em vista a trajetória do trem de pouso, a aeronave B747-8 possui características menos demandantes do que o A340-600 e do que o B777-300ER,

conforme os dados da Tabela 7.5-1. No entanto para o A380-800 uma análise mais detalhada se faz necessária. Esta análise é feita para três situações: *i)* o ponto N segue uma linha guia retilínea; *ii)* o ponto N segue o arco de um círculo, iniciando a manobra com o ponto U deslocado para fora do arco; e *iii)* o ponto N segue o arco de um círculo, iniciando a manobra com o ponto U deslocado para dentro do arco. Nas análises a seguir, considerou-se a folga do pavimento, com base em coordenadas obtidas pela Equação 4.5-3 e pela Equação 4.5-4, utilizando-se para a variável d_y a soma entre a metade do *wheel span* e a *folga do pavimento*. O ângulo β foi obtido com base na metodologia apresentada no Apêndice 1 da ICAO Doc 9157 Parte 2 (2005a).

A Figura 7.5-1 analisa o caso *i*. O ângulo β inicia em 90° e termina em aproximadamente 1° , tendo o ponto N percorrido 150m. Através desta figura, conclui-se que o A340-600 é mais demandante do que o A380-800, quanto à trajetória do trem de pouso, quando a cabine de comando segue uma trajetória retilínea.

A manobra associada ao caso *ii* é mostrada na Figura 7.5-2, na qual a linha guia é um círculo centrado na origem e o ponto N percorre a linha guia, do ângulo polar 0° até 270° . No início da manobra o ângulo β vale 0° atingindo um $\beta_{\max}$ indicado no quadro superior da figura. No mesmo quadro apresenta-se o ângulo máximo da bequilha ($\beta_{\text{beq_max}}$). O gráfico da esquerda considera um raio (R) de 50m, sendo que ele é crítico para a manobra da aeronave A340-600, pois sua bequilha chega a ultrapassar o limite de 50° de esterçamento. Como fica claro neste gráfico, o A380-800 é menos demandante do que a do A340-600. Já o raio de 75m foi escolhido para ilustrar o que acontece em raios maiores: a trajetória avaliada ($WS/2 + \text{folga do pavimento}$) das duas aeronaves se aproximam. O gráfico da direita contém ilustrações adicionais sobre a manobra analisada. Percebe-se, pela Figura 7.5-2, que a aeronave A340-600 é mais demandante neste tipo de manobra do que o A380-800.

Já a manobra associada ao caso *iii* é ilustrada na Figura 7.5-3. O raio de 55m foi escolhido por ser um limite inferior para o A340-600, à medida que o *ângulo de esterçamento da bequilha* supera ligeiramente o limite de 50° . No lado esquerdo da Figura 7.5-3 as duas aeronaves iniciam a manobra com um ângulo β de 50° e no gráfico da direita este ângulo é de aproximadamente 45° , também para as duas aeronaves.

Percebe-se que um pavimento que acomode o A340-600 nesta situação, acomodará também um A380-800. Como o aumento do raio para 75m, esta situação se mantém.

A partir das análises realizadas, percebe-se que **sobrelarguras** suficientes para acomodar a aeronave A340-600 serão adequadas para as aeronaves A380-800. Na mesma linha, sobrelarguras suficientes para acomodar as aeronaves A340-600 e B777-300ER serão suficientes para acomodar-se o B747-8.

Figura 7.5-1 – Comparação entre as aeronaves A380-800 e A340-600 quando estas encontram-se inicialmente desviadas em 90° em relação a uma linha guia retilínea. FONTE: Calculado a partir dos dados do APMs e da metodologia da ICAO para análise da trajetória

Figura 7.5-2 –Trajetória para as aeronaves A340-600 e A380-800 durante manobra associada ao caso ii. FONTE: Calculado a partir dos dados do APMs e da metodologia da ICAO para análise da trajetória

Figura 7.5-3 – Trajetória para as aeronaves A340-600 e A380-800 durante manobra associada ao caso *iii*. FONTE: Autor

7.6 SEPARAÇÕES

7.6.1 SEPARAÇÃO ENTRE RWs PARALELAS

A separação entre as duas RWs, que é de aproximadamente 375m, não permite operações paralelas. Porém, atualmente, enquanto uma RW é utilizada para pousos, a outra é utilizada para decolagens. Assim, uma aeronave pode estar posicionada sobre o eixo da RW durante uma aproximação na RW paralela. Isso traz a necessidade de avaliação da *OFZ de transição interna*, o que é feito no item 7.9.1. Através de tal análise se conclui que a separação é suficiente para a não violação da OFZ quando um A380-800 ocupa uma das RWs e uma aproximação de precisão é efetuada na RW paralela.

7.6.2 SEPARAÇÃO ENTRE RWs E TWS PARALELAS

Avalia-se a separação entre a RW 09L/27R e a TW B a partir de três aspectos: *i)* se esta separação é suficiente para acomodar aeronaves do *grupo geométrico F*, taxiando na TW B; *ii)* se a separação é suficiente para acomodar a espera de aeronaves entre a RW e a TW B; e *iii)* se a *OFZ de transição interna* da RW 09L/27R não é violada por uma aeronave taxiando na TW B. Os itens seguintes apresentam estas análises, nas quais assume-se que a RW é utilizada por aeronaves do *grupo dinâmico 4*.

7.6.2.1 Análise da separação entre os eixos da RW e da TW

A separação entre a RW 09L/27R e a TW B é de 184m, enquanto o *padrão* é de 190m. Este *padrão*, por sua vez, baseia-se na premissa de que a aeronave que

taxia na TW não pode infringir a *faixa da RW* paralela. Como a largura da *faixa da RW* é de 300m e a envergadura do A380-800 é de cerca de 80m, o *padrão* deve ser atingido para garantir-se a proteção da *faixa da RW*, pois $190 = 300/2 + 80/2$.

Como a envergadura do B747-8 é de 68,4m, esta premissa de projeto poderia ser atendida com uma separação mínima de 184,2m. Portanto, salva uma diferença de 0,2m, a separação existente é suficiente para a aeronave B747-8.

Tendo-se em vista as flexibilizações aos *padrões* de projeto, o AACG considera que 190m é uma distância conservadora para a aeronave A380-800. Na mesma linha, o BACG aprova uma utilização de 182,5m para o B747-8, embora aconselhe a avaliação do sítio quanto à interferência da aeronave que taxia sobre o sistema ILS da RW. A FAA aprova para o B747-8, a partir do EB 81 (2010a), a utilização de separações do *grupo geométrico V*, que é de 168m, considerando visibilidade menor do que 800m. Esta separação *padrão* da FAA, pode necessitar de aumento para atender-se à *OFZ de transição interna*.

7.6.2.2 Espera entre a RW e a TW

O táxi na TW B, quando uma aeronave espera entre esta e a RW 09L/27R, só será possível se a separação entre a RW e a TW for maior ou igual à soma entre: *i)* distância da RW 09L/27R até a *barra de parada*; *ii)* comprimento da aeronave que espera; e *iii)* folga entre esta aeronave e aquela que taxia na TW B. Esta situação é ilustrada na Figura 4.6-1. Dependendo de qual aeronave espera para entrar na RW 09L/27R e de qual taxia na TW B, pode-se calcular a distância máxima permissível entre a *barra de parada* e a RW 09L/27R.

Para tal avaliação utilizam-se algumas das aeronaves da Tabela 5.1-1, de forma que o valor de cada combinação é obtido pela expressão:

$$valor = separação - env_{taxia} - folga_{taxia} - l_{espera} \quad (7.6-1)$$

Onde: a separação representa a distância entre o eixo da RW 09L/27R e o eixo da TW B, assumida em 184m; env_{taxia} representa a envergadura da aeronave que taxia na TW B; $folga_{taxia}$ representa a folga de ponta de asa da aeronave que taxia na TW B, conforme a soma X2+Z2 da Tabela 4.6-3; e l_{espera} representa o comprimento da aeronave que espera, assumido igual ao comprimento l_{est} da Tabela 5.1-1.

Os valores são mostrados na Tabela 7.6-1, onde nas linhas estão as aeronaves que taxiam na TW B e nas colunas, as aeronaves que esperam entre a TW B e a RW 09L/27R.

Tabela 7.6-1 – Distância máxima possível entre a RW 09L/27R e a BPRW que lhe dá acesso desde a TW B

Aeronave que taxia na TW B	Aeronave que espera entre a TW B e a RW 09L/27R																	
	42-600	140 ER	CRJ700 Next Gen ER	72-600	170 standard	737-700	318-100	145 LR	195 AR	320	737-800	767-300ER	787-8	330-300	777-300ER	340-500	747-8	380-800
42-600	141	135	131	137	134	130	132	134	125	126	124	109	107	100	90	96	87	91
140ER	142	136	132	137	135	131	133	135	126	127	125	110	108	101	91	97	88	92
CRJ700 Next Gen ER	140	134	131	136	133	129	132	133	124	125	123	108	106	99	89	95	87	90
72-600	140	134	130	135	133	129	131	133	124	125	123	108	105	99	89	95	86	90
170 standard	140	135	131	136	133	129	132	133	124	125	124	108	106	99	89	95	87	90
737-700	135	130	126	131	128	125	127	128	119	121	119	103	101	94	84	90	82	85
318-100	136	130	127	132	129	125	128	129	120	121	119	104	102	95	85	91	83	86
145LR	142	136	132	137	135	131	133	135	126	127	125	110	108	101	91	97	88	92
195AR	139	133	129	134	132	128	130	132	123	124	122	107	105	98	88	94	85	89
320	136	130	127	132	129	125	128	129	120	121	119	104	102	95	85	91	83	86
737-800	135	130	126	131	128	125	127	128	119	121	119	103	101	94	84	90	82	85
767-300ER	123	117	113	119	116	112	114	116	107	108	106	91	89	82	72	78	69	73
787-8	116	111	107	112	109	105	108	109	100	101	100	84	82	75	65	71	63	66
330-300	116	110	107	112	109	105	107	109	100	101	99	84	82	75	65	71	63	66
777-300ER	114	108	104	109	107	103	105	107	98	99	97	82	80	73	63	69	60	64
340-500	115	109	105	110	107	104	106	107	99	100	98	82	80	74	63	69	61	65
747-8	110	104	100	105	102	99	101	102	94	95	93	77	75	69	58	64	56	60
380-800	104	98	94	99	97	93	95	97	88	89	87	72	70	63	53	59	50	54

FONTE: Calculado a partir das especificações contidas na ICAO Annex 14 (2004a) e dos dados das aeronaves

As células com fundo escuro representam combinações que atendem aos requisitos de BPRWs para RWs exclusivas de decolagem. As células com fonte clara representam combinações que permitem uma distância maior ou igual a 125m para a BPRW, tendo-se em vista que este é o valor da distância da BPRW mais distanciada em todo o sistema de RWs.

7.6.2.3 OFZ de transição interna

Pelos critérios da ICAO e da FAA a separação entre a RW 09L/27R e a TW B do SBBR é suficiente para que uma aeronave A380-800 taxie sobre a TW B, enquanto uma aproximação de precisão CAT I, II ou III é realizada na RW 09L/27R por uma outra aeronave A380-800. As mesmas conclusões são válidas o B747-8. Os cálculos são apresentados no item 7.9.3.

7.6.3 SEPARAÇÃO ENTRE TWs PARALELAS

A separação entre as TWs B e A é de $90m$, ao passo que o *padrão* ICAO é de $97,5m$ para aeronaves do *grupo geométrico F*. Tendo-se em vista a folga de ponta de asa de $17,5m$ e a semi-envergadura do A380-800, a máxima envergadura a ser permitida em uma TW paralela a outra TW na qual taxia esta aeronave será de $65m$ ($2 \times (90 - 40 - 17,5)$). Assim, qualquer aeronave do *grupo geométrico E*, ou menos demandante, poderá taxiar na TW A enquanto o A380-800 ocupa a TW B, ou vice-versa. Se a flexibilização prevista pelo AACG for considerada, pode-se utilizar uma folga de ponta de asa de $11m$. Isso permite que uma aeronave com envergadura de até $78m$ ($2 \times (90 - 40 - 11)$) taxie paralelamente a um A380-800, considerando-se a geometria das TWs A e B.

Caso o B747-8 ocupe a TW B, qualquer aeronave com menos de $76,6m$ ($2 \times (90 - 68,4/2 - 17,5)$) poderá taxiar na TW A, ou vice-versa. Considerando-se a flexibilização do BACG, esta envergadura máxima passa a ser de $89,6m$ ($2 \times (90 - 68,4/2 - 11)$).

7.6.4 SEPARAÇÕES NAS POSIÇÕES DE ESTACIONAMENTO

Conforme a INFRAERO, o estudo preliminar do novo terminal de passageiros, o TPS3, a ser localizado na direção leste do atual TPS2 leva em conta o provimento de posições de estacionamento para o A380-800, através de pontes de embarque.

7.6.5 POSIÇÃO DAS BARRAS DE PARADA DA RW (BPRWs)

A Figura 7.6-1 e a Tabela 7.6-2 mostram as barras de parada das RWs, numeradas sequencialmente.

Figura 7.6-1 – Posição das *barras de parada*. FONTE: Adaptado a partir do *Google Earth*

Tabela 7.6-2 – Posição das *barras de parada* (m)

BPRW	RW 09R/27L	RW 09L/27R
1	-	123
2	-	123
3	-	76
4	-	83
5	-	83
6	-	77
7	-	77
8	121	-
9	90	-
10	-	124
11	120	-
12	-	122
13	-	122
14	-	124
15	123	-
16	123	-
17	121	-
18	122	-

FONTE: Google Earth (Data das imagens: 15/12/2008).

Considerando-se que atualmente a RW 09L/27R é utilizada somente para decolagens, faz sentido analisar-se o atendimento aos *padrões* de uma pista exclusiva de decolagem, para a qual a ICAO faz especificações próprias. Como visto no item 4.6.5.3, para aeronaves de ARC ICAO 4-F, a BPRW deve estar posicionada

a uma distância mínima de 77,5m. Essa distância é atendida por todas as BPRWs, com exceção das BPRWs 3, 6 e 7, cuja posição é ligeiramente inferior a 77,5m.

Já para o caso de as duas pistas serem utilizadas para aproximações de precisão, é necessário analisar-se os *padrões* para BPRWs conjuntamente com o atendimento à *OFZ de transição interna*.

Conforme os critérios da ICAO, a separação entre a BPRW e o centro da RW deve ser de 107,5m para aeronaves do *grupo geométrico F*. Esta distância deve aumentar em 1m para cada 100m acima do nível do mar, caso a altitude seja menor do que 2.000m. Assim, para a altitude do aeroporto que é de 749,5m, a separação *padrão* deve ser de 107,5m mais 7,5m, totalizando 115m. Portanto, as BPRWs 1,2,8,10,11,12,13,14,15,16,17, e 18 comportam, pelos *padrões* da ICAO, aeronaves como o A380-800 e o B747-8 em espera durante aproximações de precisão. Deve-se considerar ainda que a ICAO exige que, para cada metro que a *cabeceira* estiver abaixo do nível da BPRW, a separação deve aumentar em 5m. Assim, uma análise mais detalhada seria necessária, tendo-se em mãos os valores das diferenças de elevação entre as *cabeceiras* e as BPRWs.

Já a FAA exige uma separação mínima de 92,5m ($85\text{m} + 7,5\text{m}^{55}$) entre a RW e a BPRW para aeronaves de ARC D-VI. Esta exigência resulta na mesma conclusão criada pelos *padrões* da ICAO, com exceção da BPRW 9, cuja separação é suficiente para aeronaves D-VI, embora situe-se no limiar da *especificação*.

No entanto, quando os *padrões* para a *OFZ de transição interna* são levados em conta, um número menor de BPRWs pode ser utilizado.

A Tabela 7.9-1 mostra quais BPRWs podem ser utilizadas e em que condições, tendo-se em vista a *OFZ de transição interna*.

7.7 ÁREAS DE PROTEÇÃO DA RW

Analisa-se somente as áreas de proteção previstas pela ICAO, ou seja, a faixa da RW e a RESA.

7.7.1 FAIXA DA RW

Os critérios para a *área geral da faixa da RW*, para a *largura da área preparada da faixa da RW* e para o comprimento da mesma dependem do *grupo dinâmico* e do fato de as operações serem ou não de precisão. A RW 09L/27R e a RW 09L/27R já

⁵⁵ Correção para altitude.

atendem aos *padrões*: $3.940m \times 300m$ e $3.240m \times 300m$, respectivamente, conforme DECEA (2010a).

No entanto, os *padrões* para a *área restrita da faixa da RW* variam entre os ARCs 4-E e 4-F. A largura desta área é de $120m$ para aeronaves com ARC 4-E e de $155m$ para aeronaves 4-F. Portanto, seria necessária a obtenção de dados mais detalhados para tal análise.

7.7.2 RESA

As dimensões da RESA não constam em DECEA (2010a). Como as recomendações para a RESA dependem do *grupo dinâmico* de as operações serem ou não de precisão, pode-se afirmar que uma RESA que atenda ao ARC 4-E, em aproximações de precisão, atenderá também ao ARC 4-F, na mesma condição.

7.8 ÁREAS DE PROTEÇÃO DA TW

Para a ICAO esta área é a *faixa da TW*, recomendando-se uma *área geral da faixa da TW*, que exclui objetos, e uma *área preparada da faixa da TW*. As especificações destas duas larguras dependem do *grupo geométrico*. Em relação ao *grupo geométrico E*, o *grupo geométrico F* exige um aumento de $20m$ para a largura total e de $16m$ para a *área preparada da faixa da TW*.

7.9 OFZ

As dimensões especificadas para as três superfícies da OFZ são mais restritivas para aeronaves do *grupo geométrico F*. No entanto, considerando-se que não existem *pistas de táxi* além das *cabeceiras* por uma largura maior do que a especificada para as superfícies da OFZ, a *superfície de aproximação interna* e a *superfície de pouso interrompido* não causam restrições, a não ser por obstruções do terreno ou equipamentos de auxílio à navegação aérea.

Avaliou-se a violação da *OFZ de transição interna* para as seguintes situações: um A380-800 ou B747-8 encontra-se sobre uma das RWs durante uma aproximação de precisão na RW paralela; um A380-800 ou B747-8 encontra-se esperando em uma das BPRWs, ou saindo da pista e tendo passado por essas BPRWs; e um A380-800 ou B747-8 taxia na TW B e um A380-800 ou B747-8 perfaz uma aproximação de precisão na RW 09L/27R.

7.9.1 UM A380-800 OU B747-8 ENCONTRA-SE SOBRE UMA DAS RWs DURANTE APROXIMAÇÃO DE PRECISÃO NA RW PARALELA

A separação entre as RWs é de cerca de 375m.

Pelos critérios da ICAO, para aeronaves do *grupo geométrico F*, utilizando-se a Equação 4.9-11, verifica-se a folga do estabilizador em relação à *OFZ de transição interna*:

$$\Delta EST = 1/3 \times ((375 + 72,7 \times \sin(0)) - 77,5) - 24,4 = 74,76m \quad (7.9-1)$$

Já pelas especificações da FAA, para aeronaves de grande porte em condições CAT II/III, deve-se calcular Y, através da Equação 4.9-3, resultando:

$$Y = 132 + 1,08 \times 79,7 - 0,024 \times 749,5 = 200m \quad (7.9-2)$$

E H_2 , através da Equação 4.9-2:

$$H_2 = 16 - 0,13 \times 79,7 - 0,0022 \times 749,5 = 4m \quad (7.9-3)$$

Como a separação entre as RWs é maior do Y, deve-se utilizar a Equação 4.9-31:

$$\Delta EST = \frac{1}{5} \times (200 - 60) + \frac{1}{6} \times (375 + 72,7 \times \sin(0) - 200) + 4 - 24,4 = 29,8m \quad (7.9-4)$$

Portanto, pelos critérios da ICAO e da FAA a separação entre as RWs do SBBR é suficiente para que uma aeronave A380-800 ocupe uma RW, enquanto uma aproximação de precisão CAT II ou III é realizada na RW paralela por outra aeronave A380-800. Como o B747-8 é menos demandante nesse critério, a mesma conclusão é válida para esta aeronave. Estas conclusões se apoiam na ideia de que as folgas apontadas sejam suficientes frente a possíveis diferenças de elevação entre a *cabeceira* e o solo sobre o qual se encontra a aeronave.

7.9.2 POSIÇÃO DAS BPRWS

Tendo-se em vista a numeração proposta na Figura 7.6-1 para as BPRWs, avalia-se a *OFZ de transição interna* quando a aeronave espera para entrar na RW e quando a aeronave se encontra deixando a RW, já tendo passado completamente pela BPRW. Para o caso em que a aeronave espera, avalia-se somente o nariz e o estabilizador, com a aeronave posicionada a 45° em relação à RW. Para o caso em que a aeronave deixa a RW, avalia-se a violação da *OFZ de transição interna* apenas pelo estabilizador. As equações utilizadas estão de acordo com os critérios

C e D da Tabela 4.9-2. As análises propostas consistem no cálculo da folga entre o nariz e o estabilizador da aeronave e a *OFZ de transição interna*. Valores negativos indicam violação. Já a folga, pode ser entendida como uma margem para acomodar diferenças de altura entre a *cabeceira* e o solo sobre o qual se encontra a aeronave.

Como discutido no item 6.1.3, pelos critérios da ICAO, existe a possibilidade de que aeronaves do *grupo geométrico F* utilizem uma *OFZ de transição interna* projetada para o *grupo geométrico E*. A FAA, no entanto, não apresenta uma concessão de tal tipo.

As folgas para a *OFZ de transição interna padrão* são mostradas na Tabela 7.9-1 e no ANEXO O, com um contraste de fonte e fundo para as situações em que a *OFZ de transição interna* é atendida ou violada.

Já as folgas para a *OFZ de transição interna*, com dimensões do *grupo geométrico E* são mostradas na Tabela 7.9-1 e no ANEXO P. Os dados referentes à FAA são idênticos nos ANEXO O e P.

As células marcadas na Tabela 7.9-1 representam as BPRWs para as quais a folga entre a *OFZ de transição interna* e o nariz ou estabilizador das aeronaves A380-800 e B747-8 é maior do que zero, considerando-se os *padrões* e flexibilizações da ICAO e os *padrões* da FAA. Portanto, as células marcadas indicam BPRWs que podem ser utilizadas pelas aeronaves, desde que as folgas apontadas nos ANEXOS O e P sejam suficientes frente a possíveis diferenças de elevação entre a *cabeceira* e o solo sobre o qual se encontra a aeronave.⁵⁶

Tabela 7.9-1 – Avaliação da *OFZ de transição interna* nas BPRWs do SBGR

Condição		BPRW, numeração conforme a Tabela 7.6-2																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ICAO, <i>padrões</i> do <i>grupo geométrico F</i>	Esperando para entrar	X	X						X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Saindo da RW																		
ICAO, flexibilização para utilizar os <i>padrões</i> do <i>grupo geométrico E</i>	Esperando para entrar	X	X						X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Saindo da RW																		

⁵⁶ No caso da ICAO, a dimensão *padrão* de uma BPRW pode necessitar de aumento, com base na elevação da *cabeceira*, conforme apresentado no item 4.6.5.1. No entanto este aumento não será necessário caso a *OFZ* já exija um determinado aumento em relação ao *padrão*.

Condição		BPRW, numeração conforme a Tabela 7.6-2																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
FAA	Esperando para entrar	X	X						X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Saindo da RW																		

FONTE: Calculado a partir das especificações contidas na ICAO Annex 14 (2004a) e na FAA AC 150/5300-13 (1989) e dos dados das aeronaves. Os dados constam nos ANEXOS O e P

Legenda: X A380-800 B747-8

OBS.: As informações referentes à FAA são aquelas relacionadas a condições CAT II/III.

7.9.3 UM A380-800 OU UM B747-8 TAXIA NA TW B E UM A380-800 OU UM B747-8 PERFAZ UMA APROXIMAÇÃO DE PRECISÃO NA RW 09L/27R

A separação entre a TW B e a RW 09L/27R é de aproximadamente 184m.

Pelos critérios da ICAO, utilizando-se a Equação 4.9-11, verifica-se a folga do estabilizador em relação à *OFZ de transição interna*, considerando-se que um A380-800 encontra-se parado sobre o eixo da TW:

$$\Delta EST = 1/3 \times ((184 + 72,7 \times \text{sen}(0)) - 77,5) - 24,4 = 11,1m \quad (7.9-5)$$

Para o B747-8 esta folga será ainda maior:

$$\Delta EST = 1/3 \times ((184 + 76,3 \times \text{sen}(0)) - 77,5) - 19,4 = 16,1m \quad (7.9-6)$$

Agora para o A380-800, pelas especificações da FAA, para condições CAT II/III deve-se calcular Y, através da Equação 4.9-3, resultando:

$$Y = 132 + 1,08 \times 79,7 - 0,024 \times 749,5 = 200m \quad (7.9-7)$$

E H_2 , através da Equação 4.9-2:

$$H_2 = 16 - 0,13 \times 79,7 - 0,0022 \times 749,5 = 4m \quad (7.9-8)$$

Como a separação entre RW e a TW é menor do que Y, deve-se utilizar a Equação 4.9-31:

$$\Delta EST = \frac{1}{6} \times (184 + 72,7 \times \text{sen}(0) - 60) + 4 - 24,4 = 0,3m \quad (7.9-9)$$

Agora para o B747-8, pelas especificações da FAA, deve-se calcular Y, através da Equação 4.9-3, resultando:

$$Y = 132 + 1,08 \times 68,5 - 0,024 \times 749,5 = 188m \quad (7.9-10)$$

E H_2 , através da Equação 4.9-2:

$$H_2 = 16 - 0,094 \times 68,5 - 0,0022 \times 749,5 = 5,4m \quad (7.9-11)$$

Como a separação entre RW e a TW é menor do que Y, deve-se utilizar a Equação 4.9-31:

$$\Delta EST = \frac{1}{6} \times (184 + 68,5 \times \text{sen}(0) - 60) + 5,4 - 19,4 = 6,6m \quad (7.9-12)$$

Pelos critérios da ICAO e da FAA a separação entre a RW e a TW B do SBBR é suficiente para que uma aeronave A380-800 taxie sobre a TW B, enquanto uma aproximação de precisão CAT II ou III é realizada na RW 09L/27R por outra aeronave A380-800. As mesmas conclusões são válidas o B747-8. Estas conclusões se apoiam na ideia de que as folgas apontadas sejam suficientes frente a possíveis diferenças de elevação entre a *cabeceira* e o solo sobre o qual se encontra a aeronave.

7.10 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Este Capítulo apresentou uma análise do lado aéreo do aeroporto de São Paulo/Guarulhos quanto à introdução das aeronaves A380-800 e B747-8, à luz dos critérios apresentados no Capítulo 4 e das flexibilizações apresentadas no Capítulo 6. Disso, apontaram-se as conformidades e não conformidades, colocando-se as flexibilizações como uma facilitação à acomodação dessas novas aeronaves. A seguir apresentam-se as principais conclusões.

Os seguintes critérios de projeto podem ser considerados conformes, tendo-se em vista seu estado atual ou flexibilizações de projeto:

- A largura atual da *pista de pouso e decolagem*, que é de 45m, pode ser utilizada para as duas novas aeronaves, mediante a adoção de flexibilizações dos *padrões*. Flexibilizações também podem justificar a utilização dos *acostamentos* atuais das *pistas de pouso e decolagem* e das *pistas de táxi* no caso do B747-8.
- A largura de 23m das *pistas de táxi* também pode ser utilizada pelas duas novas aeronaves, mediante flexibilizações.
- O caminho de táxi utilizado pela aeronave A340-600 também pode ser utilizado pelas duas novas aeronaves, tendo-se em vista as sobrelarguras. Ainda, o B747-8, que é menos demandante que o A380-800 neste aspecto, pode seguir também o mesmo caminho de táxi que um B777-300ER.

- A *OFZ de transição interna* de uma das *pistas de pouso e decolagem* do aeródromo não é violada, quando um A380-800 ou B747-8 ocupa a *pista de pouso e decolagem* paralela.
- A separação entre a RW 09L/27R e a TW B, apesar de ser menor do que o padrão de 190m imposto pela ICAO para o 6º grupo geométrico, pode ser considerada suficiente, mediante a flexibilização do *padrão*, ou restringindo-se a envergadura das aeronaves que operam de forma concomitante a um A380-800 ou B747-8.
- Os *padrões* para a *faixa da RW* e para a RESA não diferem entre os *grupos geométricos E e F*. Se for considerado que estas estruturas já atendem aos *padrões* exigidos para as aeronaves que atualmente operam no aeródromo, nenhuma modificação será necessária para acomodar-se o A380-800 e o B747-8.

Já os seguintes critérios e considerações de projeto podem exigir adequação da infraestrutura ou adoção de restrições operacionais:

- A largura combinada entre os *acostamentos* e as *pistas de pouso e decolagem* não é suficiente para atender aos critérios exigidos para a aeronave A380-800, nem mesmo recorrendo-se a flexibilizações. O mesmo pode ser dito para a largura combinada entre os *acostamentos* e as *pistas de táxi*.
- Quanto à área de sucção lateral, a aeronave A380-800 apresenta um acréscimo em relação ao A340-600. Já para as aeronaves Boeing nenhuma análise foi realizada, pois estes dados não constam nos APMs.
- O A380-800 também foi verificado mais demandante em relação à dispersão lateral do contorno de velocidade de 35mph. O B747-8, por sua vez, tende a ser menos crítico neste aspecto, apresentando acréscimos muito pequenos e até decréscimos, dependendo da aeronave com a qual a comparação é feita e dependendo também do nível de empuxo avaliado.
- Quanto à dispersão longitudinal dos contornos de 35mph, o A380-800 e o B747-8 apresentam acréscimos razoáveis dependendo do nível de empuxo avaliado. O mesmo pode ser dito para a dispersão lateral e longitudinal das velocidades maiores do que 35mph.
- O comprimento das *blast pads* atuais, que é de 60m, não atende nem mesmo à *recomendação* para aeronaves como o B747-400, que seria de 120m. Já a largura de uma *blast pad* deve ser igual à largura combinada entre a *pista de pouso e decolagem* e os *acostamentos*, o que exigiria

intervenções no caso do A380-800. Para o B747-8, no entanto, flexibilizações podem ser utilizadas para justificar a não intervenção sobre a largura das *blast pads*, tendo-se em vista a possibilidade de flexibilizar-se a largura combinada entre a *pista de pouso e decolagem* e os *acostamentos*.

- A separação entre as TWs A e B exige limitação da envergadura das aeronaves que taxiam na TW paralela àquela ocupada por um A380-800 ou B747-8.
- Verificou-se que a envergadura máxima permitida na TW B está condicionada ao comprimento da aeronave que espera entre a TW B e a RW 09L/27R.
- A posição de algumas BPRWs é insuficiente para que as novas aeronaves nelas aguardem a liberação da pista de pouso e decolagem. Ainda, verificou-se que nenhuma das BPRWs possui uma separação suficiente para a proteção da *OFZ de transição interna* no caso de um A380-800 deixar a pista de pouso e decolagem, devido à maior altura do estabilizador desta aeronave.
- Em relação à *faixa da pista de táxi*, esta pode exigir melhorias, uma vez que os *padrões* associados ao *grupo geométrico F* são mais demandantes do que os padrões do *grupo geométrico E*.

CAPÍTULO 8 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esta dissertação trata do projeto geométrico de aeródromos a partir das normas da ICAO e da FAA. Propõe-se uma estrutura de critérios de projeto, na qual os *padrões* e *recomendações* são agrupados por função. Conforme esta estrutura proposta, apresenta-se uma revisão dos *padrões* e *recomendações* de cada norma. Estes *padrões* são então comparados, demonstrando-se os pontos de concordância e divergência entre as duas normas, bem como as diferenças na forma como cada norma especifica os *padrões* relacionados a um dado *critério de projeto*. Apresenta-se também uma série de flexibilizações dos *padrões* de projeto, visando à acomodação das aeronaves A380-800 e B747-8 em aeroportos existentes. E, com base nos *padrões* e flexibilizações apresentados, analisa-se o lado aéreo do Aeroporto Internacional de Guarulhos quanto à operação das aeronaves A380-800 e B747-8.

8.1 CONCLUSÕES

No Capítulo 4 apresentam-se os *padrões* e *recomendações* da ICAO e da FAA para o projeto geométrico de aeródromos através de uma estrutura proposta de *critérios, metodologias e considerações de projeto*. Esta estrutura tem por base a semelhança funcional entre os *critérios, metodologias e considerações de projeto*. Esta estrutura serve de base às comparações, feitas no Capítulo 5 e à avaliação da operação das aeronaves A380-800 e B747-8 no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos, feita no Capítulo 7. Ao longo do Capítulo 4 são propostos termos e siglas que facilitam a referência ao longo do texto. Propõe-se ainda, uma divisão da *faixa da RW* em sub-partes, que são a *área geral da faixa da RW*, a *área preparada da faixa da RW* e a *área restrita da faixa da RW*. De forma similar, propõe-se a divisão da *faixa da TW* em *área geral da faixa da TW* e *área preparada da faixa da TW*. Estas divisões também se justificam pelas diferenças de função e pelas diferenças de especificação a elas associadas.

Também, no Capítulo 4 demonstram-se as relações que os diversos critérios, metodologias e considerações de projeto guardam entre si. Ainda, propõe-se uma modelagem da *OFZ de transição interna*, motivada pela complexidade geométrica desse *critério de projeto*.

No Capítulo 5 comparam-se os *padrões* e *recomendações* da ICAO e da FAA, demonstrando-se as diferenças nas especificações e também na forma como as especificações são feitas por cada norma. Quando comparações diretas não são

possíveis, utilizou-se um conjunto de aeronaves, sendo as especificações obtidas a partir de suas características.

Dentre as muitas conclusões pontuais obtidas a partir das aeronaves analisadas, merecem destaque aquelas relacionadas aos seguintes critérios:

- os *grupos dinâmicos* da ICAO e da FAA não são equivalentes;
- os *grupos geométricos* da ICAO e da FAA são exatamente iguais, sendo a envergadura a característica geométrica mais importante para definí-los;
- o vento de través de projeto varia entre as aeronaves *narrowbodies* e é igual para as *widebodies*;
- a largura combinada entre a *pista de pouso e decolagem* e os *acostamentos* resulta maior em até 30m pelos critérios da FAA;
- o comprimento de uma *blast pad* resulta maior em até 60m pelos critérios da FAA;
- a separação entre os eixos de RWs paralelas em *pistas para aproximação visual* difere em até 74%; e
- o atendimento à *OFZ de transição interna* não é garantido pelo *padrão* de posição da BPRW, nem para o nível do mar nas normas da ICAO e da FAA.

E ainda, diretamente a partir de comparações, o Capítulo 5 permite uma série de conclusões pontuais, entre as quais cabe destacar:

- a *folga do pavimento* é igual para todos os *grupos geométricos*, com exceção do 6°. Já a largura *padrão* da TW varia para o 6° e para o 4° *grupos geométricos*;
- as folgas de ponta de asa da ICAO em *pistas de táxi* sofrem declínio do 1° ao 3° *grupos geométricos* e depois voltam a subir;
- para o 4° e para o 5° *grupos geométricos* as especificações da ICAO e da FAA para a largura combinada entre pistas de táxi e acostamentos coincidem; e
- sobre as superfícies da OFZ, verifica-se que as normas têm em comum três tipos básicos de superfícies: superfícies no solo, superfícies de aproximação e superfícies de transição interna.

No Capítulo 5 apresenta-se também uma proposta de estruturação aos efeitos do *jet blast*.

Já o Capítulo 6 resume uma série de flexibilizações aos *padrões* de projeto para acomodação do A380-800 e do B747-8 em aeroportos existentes. Estas flexibilizações provêm da própria FAA e de outras autoridades aeronáuticas, o que

ressalta a importância de considerá-las quando não for possível atender-se aos *padrões* de projeto.

Já o Capítulo 7 apresenta uma análise da operação das aeronaves A380-800 e B747-8 no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos, demonstrando-se, entre os componentes analisados, as conformidades e não conformidades com os *padrões* da ICAO. Para as não conformidades, apresenta-se também as considerações pertinentes aos critérios e da FAA e às flexibilizações dos *padrões* de projeto.

De forma geral, o B747-8 é mais fácil de acomodar, devido à sua envergadura menos demandante do que a do A380-800, e devido às diversas semelhanças com o B747-400, apesar de pertencer ao 6º *grupo geométrico*. Entre as muitas conclusões pontuais em relação aos critérios de projeto, cabe destacar:

- a largura da *pista de pouso e decolagem*, que é de 45m tende a ser suficiente para as duas aeronaves, mediante flexibilizações dos *padrões* de projeto;
- a largura atual combinada entre a *pista de pouso e decolagem* e os *acostamentos*, que é de 60m, mediante flexibilizações, poderia ser utilizada pelo B747-8, mas o A380-800 exigiria aumentos;
- as *blast pads* atuais não atendem nem mesmo aos critérios do B747-400, devendo ser aumentadas para 120m para as duas novas aeronaves;
- a largura das *pistas de táxi* atual, que é de 23m, mediante flexibilizações, poderia ser utilizada para as duas aeronaves;
- a largura atual combinada entre a *pista de táxi* e os *acostamentos*, que é de 44m, mediante flexibilizações, poderia ser utilizada pelo B747-8, mas o A380-800 exigiria aumentos;
- em relação às *sobrelarguras*, a aeronave B747-8 é menos demandante do que as aeronaves A340-600 e B777-300ER, o que permite que a nova aeronave perfaça o mesmo caminho de táxi que estas duas aeronaves que atualmente operam no aeródromo. Já o A380-800 é menos demandante que a aeronave A340-600, podendo perfazer o mesmo caminho de táxi desta aeronave;
- as separações entre as *pistas de pouso e decolagem* e entre estas e a *pista de táxi* paralela (TW B) não levam à violação da *OFZ de transição interna* quando uma aeronave A380-800 ou B747-8 se encontra sobre o eixo da RW ou TW;

- a separação entre as *pistas de táxi* B e A são suficientes para as duas novas aeronaves, desde que a envergadura da aeronave que taxia na outra pista de táxi seja limitada a 65m no caso do A380-800 e a 76,6m no caso do B747-8. Flexibilizações poderiam ser utilizadas para diminuir estas restrições de envergadura;
- a possibilidade de espera entre a RW 09L/27R e a TW B é condicionada à combinação entre: a aeronave que taxia na TW B, o comprimento da aeronave que espera e o tipo de operação permitida na RW 09L/27R (somente decolagem ou aproximação de precisão o que influencia o padrão para a posição da *barra de parada da RW*);
- caso alguma das RWs seja considerada exclusiva de decolagem, todas as *barras de parada da RW* são adequadas às duas novas aeronaves. Já para aproximações de precisão, restrições de utilização são aplicáveis, com base nos *padrões* para barras de parada e nos *padrões* para a *OFZ de transição interna*;
- a *faixa da RW* e a RESA tendem a ser adequadas para as duas novas aeronaves, pois os *padrões* a elas associados não são mais demandantes do que para outras aeronaves que já operam no aeródromo. Uma exceção fica por conta da *área restrita da faixa da RW*, que é mais demandante para aeronaves do 6º grupo geométrico.

8.2 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

A comparação entre as normas da ICAO e da FAA demonstra especificações, por vezes, bastante discrepantes para um mesmo *critério de projeto*. Com base em informações como procedimentos operacionais, exigências de certificação das aeronaves e dados de acidentes/incidentes, poder-se-ia explorar como as diferenças nas especificações levam a níveis de segurança igualmente aceitáveis em ambas as normas.

Outra possibilidade de pesquisa diz respeito aos fundamentos de cada *critério de projeto*, dos *padrões* a ele especificados e da própria forma como as especificações são feitas. Para subsidiar esta pesquisa, seria necessária a consulta à ICAO e à FAA, bem como outros órgãos afins, para a obtenção dos relatórios técnicos que suportam as normas. A confrontação entre estes critérios e as características das novas aeronaves poderia levar a uma reavaliação das normas atuais. Nesse sentido, seria fundamental a consideração das flexibilizações dos *padrões* de projeto, bem como das novas tecnologias disponíveis, em termos de posicionamento, monitoração etc.

Seguindo-se uma linha mais prática, poder-se-ia expandir as avaliações do Capítulo 7, a partir da obtenção de dados mais detalhados sobre o Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos, incluindo-se os aspectos operacionais. Com isso, poder-se-ia explorar os *trade-offs* entre custos de infraestrutura, interrupções operacionais necessárias para as obras, e medidas de capacidade e atraso.

REFERÊNCIAS

AÉROPORTS DE PARIS. *Aeronautical Study from Aeroports de Paris (ADP) on Runway and Shoulder Width: A380 Accommodation at Paris Charles de Gaulle Airport (CDG) on Runway 1 (09R/27L) and Runway 2 (08L/26R)*. Paris, 2008a.

AÉROPORTS DE PARIS. *ILS Study at Paris Charles-De-Gaulle International Airport (CDG): A380 Effect on Localizer Beam and Potential Consequences on the Size of the Associated Sensitive Area*. Paris, 2008b.

AEROPUERTOS ESPAÑOLES Y NAVEGACIÓN AÉREA. *Operación de Aeronaves A380 en Aeropuertos Alternativos y de Forma Esporádica. Dirección de Operaciones e Sistemas de Red – EXA34*. Madrid, 2005.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. *Regulamento Brasileiro de Aviação Civil - RBAC 154 – Emenda 00*. Brasília, 2009a.

_____. *Requisitos de Aeronavegabilidade: Aviões Categoria Transporte – RBAC 25 - Emenda 128*. Brasília, 2009b.

AIRBUS. *A319 Airplane Characteristics for Airport Planning*. Blagnac, 2007.

AIRBUS. *A320 Airplane Characteristics for Airport Planning*. Blagnac, 2011a.

AIRBUS. *A321 Airplane Characteristics for Airport Planning*. Blagnac, 2011b.

AIRBUS. *A330 Airplane Characteristics for Airport Planning*. Blagnac, 2011c.

AIRBUS. *A340-500/-600 Airplane Characteristics for Airport Planning*. Blagnac, 2011d.

AIRBUS. *A380 Airplane Characteristics for Airport Planning*. Blagnac, 2008.

ATR. *ATR Family*. Blagnac, 2011.

BOEING. *737 Airplane Characteristics for Airport Planning*. 2005a.

BOEING. *747-8 Airplane Characteristics for Airport Planning*. 2008a.

BOEING. *767 Airplane Characteristics for Airport Planning*. 2005b.

BOEING. *777-200/300 Airplane Characteristics for Airport Planning*. 2008b.

BOEING. *777-200LR/300ER/Freighter Airplane Characteristics for Airport Planning*. 2009.

BOEING. *787 Airplane Characteristics for Airport Planning*. 2010.

BOEING. *747-400 Airplane Characteristics for Airport Planning*. 2002.

BOMBARDIER. *CRJ 700. Airport Planning Manual*. Toronto, 2010a.

BOMBARDIER. *CRJ 900. Airport Planning Manual*. Toronto, 2010b.

CASA. Civil Aviation Safety Authority. *Manual of Standards Part 139 – Aerodromes*. Versão 1.6. Canberra, 2011.

DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AVIATION CIVILE. *A380 Resistance of elevated runway edge lights to jet blast: Report of 3 studies*. Paris, 2008.

DECEA. Departamento de Controle do Espaço Aéreo: *ADC - SBGR* (DATA: 3 de junho de 2010). AIS – Serviço de informação Aeronáutica. Disponível em: < <http://www.aisweb.aer.mil.br/inc/carta-download.cfm?carta=5837E0D6-1736-4A94-AC31FD106C1A94FDed=tela>>. Acesso em setembro de 2010.

EMBRAER. *EMB 135 Airport Planning Manual*. 2008a.

EMBRAER. *EMB 140 Airport Planning Manual*. 2005.

EMBRAER. *EMB 1405LR Airport Planning Manual*. 2007.

EMBRAER. *EMB 170 Airport Planning Manual*. 2008b.

EMBRAER. *EMB 190 Airport Planning Manual*. 2008c.

EMBRAER. *EMB 195 Airport Planning Manual*. 2008d.

EUA. *Electronic Code of Federal Regulations*: Title 14-Aeronautics and Space. GPO Access. Disponível em: < <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfretpl=/index.tpl>>. Acesso em 23 de fevereiro de 2010.

FAA. Federal Aviation Administration. *Aircraft Weight and Balance Control*: AC 120-27E. Washington, 2005a.

_____. *Airport Capacity and Delay*: AC 150/5060-5. Washington, 1983.

_____. *Airport Design: Advisory Circular 150/5300-13 – Incorporates changes 1 thru 15*. Washington, 1989.

_____. *Airport Foreign Object Debris: Advisory Circular 150/5220-24*. Washington, 2009.

_____. *Minimum Requirements to Widen Existing 150-Foot Wide Runways for Boeing 747-8 Operations*: Engineering Brief N° 74. Washington, 2008.

_____. *Planning and Design Guidelines for Airport Terminal Facilities: Advisory Circular 150/5360-13 - Incorporates change 1*. Washington, 1988.

_____. *Runway Length Requirements for Airport Design: Advisory Circular 150/5325-4B*. Washington, 2005b.

_____. *Taxiways for Airbus A380 Taxiing Operations*: Engineering Brief N° 63B. Washington, 2007a.

_____. *United States Standard for Terminal Instrument Procedures - TERPS*: Order 8260.3B. Washington, 1976a.

_____. *Use Of Guidance For Runway Centerline To Parallel Taxiway/Taxilane*

Centerline Separation For Boeing 747-8: Engineering Brief N° 81. Washington, 2010a.

_____. *Use of Interim Taxiway Edge Safety Margin Clearance for Airplane Design Group VI: Engineering Brief N° 80.* Washington, 2010b.

_____. *Use of Non-Standard 75-Foot Wide Straight Taxiway Sections for Boeing 747-8 Taxiing Operations: Engineering Brief N° 73.* Washington, 2007b.

_____. *Use of 150-Foot-(45-M) Wide Runways for Airbus A380 Operations: Engineering Brief N° 65A.* Washington, 2007c.

KAZDA, A.; CAVES, R. E. *Airport Design and Operation.* 2ª Edição. Bingley, 2008.

HORONJEFF, R.; MCKELVEY, F. X. *Planning and Design of Airports.* 4ª Edição. Nova Iorque, 1994.

ICAO. International Civil Aviation Organization. *Aerodrome Design Manual: Parte 1 – Runways - Doc 9157.* 3ª Edição. Montreal, 2006a.

_____. *Aerodrome Design Manual: Parte 2 – Taxiways, Aprons and Holding Bays - Doc 9157.* 4ª Edição. Montreal, 2005a.

_____. *Airport Services Manual: Parte 6 – Control of Obstacles - Doc 9137.* 2ª Edição. Montreal, 1983a.

_____. *Annex 6 to the Convention on International Civil Aviation: Operation of Aircraft, Part 1: International Commercial Air Transport - Aeroplanes.* 8ª Edição. Montreal, 2001a.

_____. *Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation: Aerodromes, Volume I – Radio Navigation Aids.* 6ª Edição. Montreal, 2006b.

_____. *Annex 14 to the Convention on International Civil Aviation: Aerodromes, Volume I - Design and Operation.* 4ª Edição. Montreal, 2004a.

_____. *European Region Air Navigation Plan: Volume I, Basic ANP – Doc 7754.* 1ª Edição. Montreal, 2001b.

_____. *Manual de Planificación de Aeropuertos: Parte 1 – Planificación General* - Doc 9184-AN/902. 2ª Edição. Montreal, 1987.

_____. *Manual on the Use of the Collision Risk Model (CRM) for ILS Operations* - Doc 9274. 1ª Edição. Montreal, 1980.

_____. *Manual sobre operaciones simultáneas en pistas de vuelo por instrumentos paralelas o casi paralelas* - Doc 9643. 1ª Edição. Montreal, 2004b.

_____. *New Larger Aeroplanes - Infringement of Obstacle Free Zone: Operational Measures and Aeronautical Study* - Cir 301. Montreal, 2005b.

_____. *Operation of New Larger Aeroplanes at Existing Aerodromes* - Cir 305. Montreal, 2004c.

_____. *Procedures for Air Navigation Services: Aircraft Operations – Volume I: Flight Procedures* – Doc 8168. 5ª Edição. Montreal, 2006c.

_____. *Procedures for Air Navigation Services: Aircraft Operations – Volume II: Construction of Visual and Instrument Flight Procedures* – Doc 8168. 5ª Edição. Montreal, 2006d.

_____. *Procedures for Air Navigation Services: Air Traffic Management* – Doc 4444. 15ª Edição. Montreal, 2007.

NORWEGIAN CIVIL AVIATION AUTHORITY. *Final Report on the Risk Analysis in Support of Aerodrome Design Rules*. Bodø, 2008.

WEISSMANN, A. J. *Estudo da Influência da Dispersão do Tráfego nas Características das Pistas de Pouso Aeroportuárias*. 1983. 225 p. v.1. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1983.

GLOSSÁRIO

O glossário está dividido em três partes. A primeira parte apresenta definições utilizadas pela ICAO e também aquelas utilizadas no trabalho de forma geral. A segunda parte do glossário é específica para a FAA, sendo utilizada exclusivamente no Capítulo 5, e não repetindo os termos da primeira parte do glossário comuns às duas instituições. A terceira parte cita termos utilizados pela ICAO e pela FAA que possuem significados diferentes entre si.

I) Glossário comum à ICAO e FAA

Acostamento (*shoulder*): Área adjacente à borda de um pavimento, preparada de modo a oferecer uma transição entre o pavimento e a superfície adjacente.

Aeródromo: uma área definida sobre terra ou água (incluindo quaisquer prédios, instalações e equipamentos) destinada total ou parcialmente para a chegada, partida e movimento em superfície de aeronaves.

Alcance visual de pista (*runway visual range – RVR*): distância na qual o piloto de uma aeronave, que se encontra no eixo de uma *pista de pouso e decolagem*, pode ver a sinalização horizontal na superfície da pista, as luzes que a delineiam ou as que identificam seu eixo.

Altitude livre de objetos (*obstacle clearance altitude or height – OCA/H*): a altitude ou altura mínima sobre a elevação mais relevante da *cabeceira da pista de pouso e decolagem*, ou sobre a elevação do aeródromo, como aplicável, usada para estabelecer adequação com critérios apropriados de distância em relação a objetos.

Altura de decisão (*decision height – DH*): uma altura especificada, durante uma aproximação de precisão ou aproximação verticalmente guiada, abaixo da qual, o piloto só pode descer caso estabeleça a referência visual especificada.

Ângulo de esterçamento da aeronave (*aircraft steering angle*): ângulo formado entre uma linha tangente à linha guia e o eixo longitudinal da aeronave no ponto de referência. Este ponto é simbolizado por *S* nos *padrões* da ICAO e por *N* nos *padrões* da FAA.

Ângulo de esterçamento da bequilha (*nose wheel steering angle*): ângulo formado entre o eixo longitudinal da aeronave e a direção de deslocamento da roda da bequilha.

Área de manobras (*manoeuvring area*): parte do aeródromo utilizada para a decolagem, pouso e táxi de aeronaves, excluindo-se os *pátios* de aeronaves.

Área de movimento (*movement area*): parte do aeródromo a ser utilizada para decolagem, pouso e táxi de aeronaves, consistindo da área de manobras e dos *pátios* de aeronaves.

Área de giro da *pista de pouso e decolagem*: uma área definida em um aeródromo terrestre, adjacente a uma *pista de pouso e decolagem*, com o propósito de permitir a uma aeronave completar uma curva de 180 ° sobre a *pista de pouso e decolagem*.

Área de segurança de fim de pista (*runway end safety área – RESA*): área simétrica ao longo do prolongamento do eixo da *pista de pouso e decolagem* e adjacente ao fim da faixa de pista, utilizada primordialmente para reduzir o risco de danos a aeronaves que realizem o toque antes de alcançar a *cabeceira* (*undershooting*) ou que ultrapassem acidentalmente o fim da *pista de pouso e decolagem* (*overrunning*).

Aproximações paralelas dependentes (*dependent parallel approaches*): Aproximações simultâneas em pistas paralelas, ou quase paralelas, por instrumento, onde são prescritas as separações radar mínimas entre aeronaves nos prolongamentos dos eixos de pistas adjacentes.

Aproximações paralelas independentes (*independent parallel approaches*):

aproximações simultâneas em pistas paralelas, ou quase paralelas, por instrumento, onde não são prescritas as separações radar mínimas entre aeronaves nos prolongamentos dos eixos de pistas adjacentes.

Auto-manobra (*self-manoeuvring*) a aeronave utiliza sua própria propulsão para se aproximar ou deixar o terminal.

Baía de espera (*holding bay*): Área definida onde uma aeronave pode esperar ou ser ultrapassada, de modo a facilitar o movimento eficiente de aeronaves na superfície.

Barra de parada (*holdline*): posição estabelecida visando proteger uma *pista de pouso e decolagem*, superfície limitadora de obstáculos ou área crítica/sensível de um equipamento de aproximação de precisão, na qual uma aeronave taxiando ou um veículo deve parar e esperar, a menos que autorizados a prosseguir pelo órgão de controle de tráfego aéreo do aeródromo.

Base de rodas (*wheel base*): distância entre a bequilha e o centro do trem principal.

Blast pad: uma superfície posicionada no início da pista destinada a proteger o solo contra a erosão devida ao sopro do sistema propulsor das aeronaves.

Borda mínima do pavimento: a borda mínima do pavimento de uma superfície, normalmente uma *pista de táxi*, capaz de acomodar: a largura do trem principal; o desvio deste durante uma curva; e a *folga do pavimento*.

Cabeceira (*threshold*): O início da parcela da *pista de pouso e decolagem* destinada ao pouso.

Cabeceira deslocada (*displaced threshold*): Uma *cabeceira* não localizada na extremidade da pista de pouso/decolagem.

Circling approach: Quando a aproximação é realizada conforme uma direção não coincidente com o eixo da pista, exigindo alinhamento da aeronave quando esta se encontra próxima do pouso.

Código de referência do aeródromo (aerodrome reference code - ARC): Trata-se de um código de dois elementos que objetiva relacionar as características das aeronaves com os diversos componentes de um aeródromo.

Comprimento básico de pista da aeronave (aeroplane reference field length - CBP): o comprimento de pista mínimo necessário para a decolagem com o peso máximo certificado para decolagem, ao nível do mar, sob condições atmosféricas *padrão*, com ventos nulos e gradiente de pista nulo, de acordo com o manual de voo, aprovado pela autoridade certificadora ou dado equivalente a partir do fabricante da aeronave. O comprimento de pista (*field length*) neste caso, é o comprimento de pista balanceado (*balanced field length*), se aplicável, ou distância de decolagem.

Consideração de projeto: se refere a aspectos cuja observação é essencial, ou pelo menos relevante, para a segurança e economia das operações, podendo ser composto por um mais critérios de projeto.

Critério de projeto: é cada um dos critérios cuja observação é essencial, ou pelo menos relevante, para a segurança e economia das operações.

Cut-off angle: está relacionado à visão dos pilotos para baixo e para frente a partir da cabine de comando.

Decalagem (stagger): É a distância longitudinal entre as *cabeceiras* de mesma orientação (*heading*) de duas pistas paralelas.

Decalagem desfavorável: Quando a decalagem de duas RWs aumenta a separação longitudinal entre as aeronaves durante operações segregadas.

Decalagem favorável: Quando a decalagem de duas RWs diminui a separação longitudinal entre as aeronaves durante operações segregadas.

Declividade da pista de pouso e decolagem (*runway slope*): é o quociente entre a diferença de elevação das extremidades da *pista de pouso e decolagem* e o comprimento desta.

Decolagens paralelas independentes (*independent parallel departures*): decolagens simultâneas a partir de pistas paralelas ou quase paralelas operando por instrumentos.

Distância (ou Pista) disponível para corrida de decolagem (*take-off run available – TORA*): O comprimento de pista declarado disponível e adequado para a corrida em solo de uma aeronave que decola.

Distância disponível para decolagem (*take-off distance available – TODA*): O comprimento da TORA mais o comprimento da *clearway* se esta estiver disponível.

Distância disponível para aceleração e parada (*accelerate-stop distance available – ASDA*): Comprimento da pista disponível para corrida de decolagem (TORA), somado ao comprimento da Zona de Parada (Stopway), se existente.

Distância disponível para pouso (*landing distance available – LDA*): Comprimento declarado de pista disponível para o procedimento de pouso de uma aeronave.

Dominado: termo adotado nesta dissertação para o caso em que um objeto situa-se a uma distância tal de um obstáculo que o princípio de *shielding* pode ser aplicado.

Elevação do aeródromo (*aerodrome elevation*): a altitude do ponto mais alto da área de pouso.

Engine blast: fluxo de ar que sai dos motores, representando risco à pessoas, veículos, estruturas e objetos. É um termo mais geral para *jet blast*, englobando todos os tipos de motores.

Faixa da pista de pouso e decolagem (runway strip): área definida no aeródromo, que inclui a *pista de pouso e decolagem* e as zonas de parada, se disponíveis, destinada a proteger a aeronave durante as operações de pouso e decolagem e a reduzir o risco de danos à aeronave, em caso desta sair dos limites da pista.

Faixa da pista de táxi (taxiway strip): Uma área que inclui uma *pista de táxi* com o propósito de proteger uma aeronave em operação na *pista de táxi* e reduzir o risco de danos a uma aeronave que saia acidentalmente da *pista de táxi*.

Fator de utilização (usability factor): A porcentagem de tempo durante o qual uma *pista de pouso e decolagem* ou um sistema de pistas não tem sua utilização limitada devido ao componente de vento de través.

Folga do pavimento (wheel-to-edge clearance): a distância entre a borda externa da roda e a borda do pavimento com capacidade de suporte plena. Vale tanto para o trem central como para a bequilha.

Folga de ponta de asa (wingtip clearance): a distância mínima permissível entre a ponta da asa e um objeto.

Folga entre pontas de asa (wingtip-to-wingtip clearance): a distância mínima permissível entre as pontas das asas de duas aeronaves.

Foreign Object Damage (FOD): dano devido a um objeto estranho. A mesma sigla é utilizada para referência ao objeto estranho através da expressão *foreign object debris*.

Gear width: a distância lateral entre os centros das rodas do trem principal.

Grupo dinâmico (*runway group*): agrupamento de aeronaves segundo suas características geométricas formando o primeiro elemento do *código de referência do aeródromo* da ICAO. A ICAO utiliza o termo *code letter*, traduzido pela ANAC, na RBAC 154 como *número do código*. Nesta dissertação adotou-se o termo *grupo dinâmico*.

Grupo geométrico (*design group*): agrupamento de aeronaves segundo suas características geométricas formando o segundo elemento do *código de referência do aeródromo* (ICAO) / *código de referência do aeroporto* (FAA). Este termo é utilizado pela FAA, mas a ICAO utiliza o termo *code letter*, traduzido pela ANAC, na RBAC 154 como *letra do código*. Nesta dissertação adotou-se o termo *grupo geométrico*.

Intersecção de *pistas de táxi* (*taxiway intersection*): junção de duas ou mais *pistas de táxi*.

***Jet blast*:** é o sopro emanado pelas turbinas de uma aeronave, constituindo risco para pessoas, veículos, outras aeronaves, construções, pavimentos, sinalização e outros objetos suficientemente próximos. O *jet blast* é um fluxo instável que induz estruturas à vibração, podendo ter seus efeitos agravados pelo vento ambiente. Outro fator de especial preocupação é a temperatura dos gases de escape.

Lado aéreo (*airside*): compreende os componentes de um aeródromo nos quais a aeronave pousa, decola, taxia e estaciona, como: *pistas de pouso e decolagem*, *pistas de táxi*, baías de espera, áreas de giro, *blast pads*, pátio e áreas afins.

Lado terrestre (*landside*): compreende os componentes de um aeródromo utilizados por passageiros e carga, como: terminais de passageiros, terminais de cargas, áreas de movimentação de bagagem, áreas de estacionamento, meios de acesso ao aeroporto e demais áreas afins.

Largura do trem principal (*wheel span*): a distância entre as bordas externas das rodas mais externas do trem principal. Difere do termo *gear width* que a FAA utiliza para designar a distância lateral entre os centros das rodas do trem principal.

Linha de restrição predial (*building restriction line*): delimita as áreas de um aeródromo onde a construção de prédios é ou não permitida.

Linha do trem principal: é uma linha que passa pelo centro geométrico do trem principal, pelo centro de giro da aeronave e é perpendicular à linha longitudinal da mesma.

Manobra assistida por trator (*tractor assisted manoeuvre*): a aeronave entra e/ou sai da posição de estacionamento com o auxílio de um trator.

Marshaller: Pessoa que guia as aeronaves no *pátio* através de sinais.

Metodologia de projeto: é uma metodologia utilizada para o projeto de algum componente ou para avaliação de algum critério de projeto.

Não padrão (*nonstandard*): uma característica não conforme com a *especificação* (*padrão*).

Número de classificação da aeronave (*aircraft classification number – ACN*): Número que expressa o efeito relativo de uma aeronave sobre um pavimento para uma categoria *padrão* de subleito especificada.

Número de classificação do pavimento (*pavement classification number – PCN*): número que expressa a capacidade de suporte de um pavimento para operações sem restrição.

Objeto frangível (*frangible object*): Um objeto de pouca massa que deve quebrar-se, distorcer-se ou ceder mediante impacto, de modo a minimizar os danos à aeronave.

Obstáculo (*obstacle*): todo objeto fixo (de forma temporária ou permanente) ou móvel, ou qualquer parte do mesmo que esteja localizado em uma área destinada à movimentação de aeronaves no solo ou que se estenda acima de uma superfície destinada à proteção de aeronaves em vôo.

Operações paralelas segregadas (*segregated parallel operations*): operações simultâneas, em pistas de operação por instrumento paralelas ou quase paralelas, nas quais uma pista é utilizada exclusivamente para aproximações e a outra pista é utilizada exclusivamente para decolagens.

Orientação da *pista de pouso e decolagem* (*runway heading*): É o ângulo formado entre uma *pista de pouso e decolagem* e o norte magnético. Esta orientação está sinalizada em cada *cabeceira* da pista na forma de código.

***Overrunning*:** contato entre a aeronave e o solo na região posterior ao final da pista de pouso e decolagem.

***Padrão* (*standard*):** qualquer especificação para características físicas, configuração, material, desempenho, pessoal ou procedimento, cuja aplicação uniforme é reconhecida como necessária para segurança ou regularidade da navegação aérea internacional. Os Estados signatários se comprometem a seguir esta especificação e na impossibilidade de conformidade, a notificação ao Conselho (*Council*) é compulsória de acordo com o Artigo 38 (*Article 38*).

Pista de decolagem (*take-off runway*): pista destinada exclusivamente para decolagens.

Pista de pouso e decolagem (*runway*): Área retangular, definida em um aeródromo em terra, preparada para pousos e decolagens de aeronaves.

Pista de táxi (*taxiway*): trajetória definida em um aeródromo em terra, estabelecida para táxi de aeronaves e com a função de oferecer uma ligação entre as partes do aeródromo, incluindo:

- **Pista de táxi de acesso ao estacionamento de aeronaves (*aircraft stand taxilane*):** parcela de um *pátio* de aeronaves designada como uma *pista de táxi* e com o propósito único de oferecer acesso às posições de estacionamento de aeronaves; e
- **Pista de táxi de *pátio* (*apron taxiway*):** parcela de um sistema de *pistas de táxi* localizada em um *pátio* de aeronaves com a função de oferecer uma circulação completa de táxi através do *pátio* de aeronaves.

Pista de Táxi de Saída Rápida (*rapid exit taxiway-PTSR*): *pista de táxi* conectada a uma *pista de pouso e decolagem* em um ângulo agudo, projetada para permitir que aeronaves que pousem saiam da pista em velocidades mais altas do que em outras *pistas de táxi* de saída. Desta forma, diminui-se o tempo de ocupação da *pista de pouso e decolagem*.

Pista para aproximação por instrumentos (*instrument runway*): *Pista de pouso e decolagem* habilitada para procedimento de aproximação por instrumentos, podendo ser classificada da seguinte forma:

- **Pista de aproximação de não precisão (*non-precision approach runway*):** pista para operação por instrumento provida de auxílios visuais e não-visuais à navegação, que fornecem, no mínimo, orientação direcional adequada para a aproximação direta.
- **Pista para aproximação de precisão, categoria I (*precision approach runway, category I*):** Pista para operação por instrumentos provida de ILS e/ou MLS e auxílios visuais para operações com uma altitude de decisão não inferior a 60m (200 *ft*) e com visibilidade não inferior a 800m ou *alcance visual de pista* (RVR) não inferior a 550 m.
- **Pista para aproximação de precisão, categoria II (*precision approach runway, category II*):** Pista para operação por instrumentos provida de ILS e/ou MLS e auxílios visuais para operações com uma altitude de decisão inferior a 60m (200pés) mas não inferior a 30m (100 *ft*) e *alcance visual de pista* (RVR) não inferior a 350m.
- **Pista para aproximação de precisão, categoria III (*precision approach runway, category III*):** Pista para operação por instrumento provida de ILS e/ou MLS para a superfície e ao longo da superfície da pista é:

- **A:** prevista para operações com *altitude de decisão* não inferior a 30 m (100 pés), ou sem altitude de decisão, e com um *alcance visual de pista* (RVR) não inferior a 200 m;
- **B:** prevista para operações com altitude de decisão inferior a 15m (50pés), ou sem nenhuma altitude de decisão, e com um *alcance visual de pista* (RVR) inferior a 200m, mas não inferior a 50m;
- **C:** prevista para operações sem altitude de decisão e sem limitações de *alcance visual de pista* (RVR).

Pista para aproximação visual (*non-instrument runway*): pista de pouso e decolagem para a operação de aeronaves utilizando procedimentos de aproximação visual.

Pista(s) principal(is) (*primary runway*): Pista(s) de pouso e decolagem utilizada(s) preferencialmente às outras, sempre que as condições permitirem.

Pistas quase paralelas (*near-parallel runways*): Pistas de pouso e decolagem que não se interceptam e cujos prolongamentos de seus eixos perfazem um ângulo de convergência/divergência menor ou igual a 15 °.

Ponto de referência do aeródromo (*aerodrome reference point*): localização geográfica designada de um aeródromo.

Posição de espera na *via de serviço* (*road holding position*): posição designada na qual os veículos podem ser solicitados a esperar.

Posição de estacionamento (*aircraft stand*): uma área do *pátio* (*apron*) destinada ao estacionamento de aeronaves.

Rampa ou *pátio* de aeronaves (*apron*): uma área definida em um aeródromo construído sobre o solo (*land aerodrome*), destinada à acomodação de aeronaves com o propósito de carga e descarga de passageiros, mala postal ou carga, reabastecimento, estacionamento ou manutenção.

Recomendação (*recommended practice*): qualquer *especificação* para características físicas, configuração, material, desempenho, pessoal ou procedimento, cuja aplicação uniforme é reconhecida como desejável para segurança, regularidade ou eficiência da navegação aérea internacional. Os Estados signatários devem se esforçar para seguir esta *especificação*.

Run-off: a saída de uma área designada para corrida em solo de uma aeronave. *Veering-offs*, *undershootings* e *overrunnings* são exemplos de *run-offs*.

Semi-envergadura (*semispan*): metade da envergadura da asa.

Semi-largura: metade da largura.

Shielding: princípio pelo qual um objeto que penetra em um plano de proteção não precisa ser removido, à medida que outro objeto irremovível constitui um obstáculo dominante.

Sobrelargura (*fillet*): um alargamento necessário para a garantia de alguma folga de projeto no caso em que a aeronave percorre um trecho curvo da *pista de táxi*. Em geral se aplica ao alargamento do pavimento, mas pode também se referir a uma folga em relação a objetos.

Temperatura de referência do aeródromo (*aerodrome reference temperature*): média diária das temperaturas máximas do mês mais quente do ano. O mês mais quente do ano é aquele com maior temperatura mensal média.

Via de serviço (*road*): uma rota de superfície estabelecida para uso exclusivo de veículos.

Zona desimpedida (*clearway - CWY*): uma área retangular definida sobre solo ou água, controlada pela respectiva autoridade, a qual é selecionada ou preparada para que uma aeronave possa perfazer uma parte de sua subida de decolagem até uma dada altura.

Zona livre de obstáculos (*obstacle free zone – OFZ*): espaço aéreo acima da *superfície de aproximação interna, superfícies de transição internas, superfície de pouso interrompido* e da porção da faixa de pista ligada por essas superfícies, o qual não é penetrado por nenhum obstáculo móvel. Objetos fixos também são excluídos a não ser aqueles de baixa massa e montados sobre suporte *frangível*, necessários para fins de navegação aérea.

Zona de parada (*stopway - SWY*): área retangular definida no terreno, situada no prolongamento do eixo da pista no sentido da decolagem, destinada e preparada como zona adequada à parada de aeronaves.

Zona de toque (*touchdown zone*): a parte de uma *pista de pouso e decolagem*, após a *cabeceira*, onde se espera que as aeronaves pousando façam o primeiro contato com o solo.

II) GLOSSÁRIO ESPECÍFICO PARA A FAA

Aeronave de grande porte (*large aircraft*): uma aeronave com peso máximo certificado de decolagem maior do que 12.500libras (5.670kg).

Aeronave de pequeno porte (*small aircraft*): uma aeronave com peso máximo certificado de decolagem de 12.500libras (5.670kg) ou menos.

Área de movimento (*movement area*): as *pistas de pouso e decolagem, pistas de táxi*, e outras áreas de um aeroporto que são utilizadas para o táxi, decolagem, e pouso de aeronaves, com exceção das áreas de embarque do *pátio* e áreas de estacionamento.

Declividade da *pista de pouso e decolagem* (*runway slope*): é o quociente entre:
i) a diferença de elevação do ponto mais baixo e do ponto mais elevado da *pista de pouso e decolagem*; e ii) o comprimento desta.

Pista de pouso e decolagem utilitária (*utility runway*): uma *pista de pouso e decolagem* destinada a aeronaves propelidas a hélice com peso bruto menor do que 12.500libras ($\sim 5.670kg$).

Temperatura de referência do aeródromo (*airport reference temperature*): média diária das temperaturas máximas do mês mais quente do ano. O mês mais quente do ano é aquele com maior temperatura mensal média.

Undershooting: contato entre a aeronave e o solo na região anterior à cabeceira.

Velocidade de aproximação: é definida como 1,3 vezes a velocidade de estol, na configuração de pouso, com os flapes na configuração máxima certificada e máximo peso de aterrissagem em condições atmosféricas *padrão*, ao nível do mar. Esta definição serve para o primeiro termo do ARC formando grupos chamados de *aircraft approach category*.

III) TERMOS CONFLITUOSOS ENTRE ICAO E FAA:

Área de movimento (*movement area*): equivalente à área de manobras da ICAO (*manoeuvring area*).

Declividade da pista de pouso e decolagem (*runway slope*): a ICAO se baseia nas diferenças de elevação entre extremidades da pista e a FAA na maior diferença de elevação.

Pista de aproximação de precisão (CAT I): para o caso em que a RW atende a critérios específicos de sinalização (*operative touchdown zone and runway centerline lights*) o alcance visual da vista (RVR) das duas normas é igual, ou seja, 1.800pés ($\sim 550m$). Para o caso de a RW não atender a estes critérios, o RVR mínimo especificado é de 2.400pés ($\sim 730m$), no caso da FAA.

ANEXO A – DADOS RELATIVOS À LARGURA DA RW

Nº Sequencial	Modelo	ICAO		FAA	
		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2
1	42-600	30	30	30	30
2	135ER	30	30	30	23
3	140ER	30	30	30	30
4	CRJ700 Next Gen ER	30	30	30	30
5	72-600	30	30	30	30
6	170 standard	30	30	30	30
7	175 standard	30	30	30	30
8	190 standard	30	30	30	30
9	195 standard	30	30	30	30
10	737-700	30	30	45	45
11	318-100	30	30	30	30
12	145LR	0	0	30	30
13	CRJ900 Next Gen LR	45	45	30	30
14	195AR	45	45	30	30
15	319	45	45	45	45
16	320	45	45	45	45
17	321	45	45	45	45
18	737-800	45	45	45	45
19	737-900ER	45	45	45	45
20	767-300ER	45	45	45	45
21	787-8	45	45	45	45
22	330-200	45	45	45	45
23	330-300	45	45	45	45
24	777-200ER	45	45	45	45
25	777-200LR	45	45	45	45
26	777-300ER	45	45	45	45
27	330-200F	45	45	45	45
28	340-500	45	45	45	45
29	747-8	60	60	60	60
30	747-8F	60	60	60	60
31	380-800	60	60	60	60

FONTE: Calculado a partir dos dados da aeronave (Tabela 5.1-1) e das especificações da ICAO e da FAA.

Obs.: Dimensões em metros.

ANEXO B – DADOS RELATIVOS À LARGURA COMBINADA ENTRE RW E ACOSTAMENTOS

Nº Sequencial	Modelo	ICAO		FAA	
		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2
1	42-600	30	30	42	42
2	135ER	30	30	36	29
3	140ER	30	30	36	36
4	CRJ700 Next Gen ER	30	30	36	36
5	72-600	30	30	42	42
6	170 standard	30	30	42	42
7	175 standard	30	30	42	42
8	190 standard	30	30	42	42
9	195 standard	30	30	42	42
10	737-700	30	30	60	60
11	318-100	30	30	42	42
12	145LR	0	0	36	36
13	CRJ900 Next Gen LR	45	45	42	42
14	195AR	45	45	42	42
15	319	45	45	60	60
16	320	45	45	60	60
17	321	45	45	60	60
18	737-800	45	45	60	60
19	737-900ER	45	45	60	60
20	767-300ER	60	60	60	60
21	787-8	60	60	66	66
22	330-200	60	60	66	66
23	330-300	60	60	66	66
24	777-200ER	60	60	66	66
25	777-200LR	60	60	66	66
26	777-300ER	60	60	66	66
27	330-200F	60	60	66	66
28	340-500	60	60	66	66
29	747-8	75	75	84	84
30	747-8F	75	75	84	84
31	380-800	75	75	84	84

FONTE: Calculado a partir dos dados da aeronave (Tabela 5.1-1) e das especificações da ICAO e da FAA.

Obs.: Dimensões em metros.

ANEXO C – DADOS RELATIVOS AO COMPRIMENTO DA *BLAST PAD*

Nº Sequencial	Modelo	ICAO		FAA	
		Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2
1	42-600	60	60	60	60
2	135ER	60	60	45	45
3	140ER	60	60	45	45
4	CRJ700 Next Gen ER	60	60	45	45
5	72-600	60	60	60	60
6	170 standard	60	60	60	60
7	175 standard	60	60	60	60
8	190 standard	60	60	60	60
9	195 standard	60	60	60	60
10	737-700	60	60	60	60
11	318-100	60	60	60	60
12	145LR	60	60	45	45
13	CRJ900 Next Gen LR	60	60	60	60
14	195AR	60	60	60	60
15	319	60	60	60	60
16	320	60	60	60	60
17	321	60	60	60	60
18	737-800	60	60	60	60
19	737-900ER	60	60	60	60
20	767-300ER	60	60	60	60
21	787-8	60	60	120	120
22	330-200	60	60	120	120
23	330-300	60	60	120	120
24	777-200ER	60	60	120	120
25	777-200LR	60	60	120	120
26	777-300ER	60	60	120	120
27	330-200F	60	60	120	120
28	340-500	60	60	120	120
29	747-8	120	120	120	120
30	747-8F	120	120	120	120
31	380-800	120	120	120	120

FONTE: Calculado a partir dos dados da aeronave (Tabela 5.1-1) e das especificações da ICAO e da FAA.

Obs.: Dimensões em metros.

ANEXO D – DADOS RELATIVOS AOS CENÁRIOS 1 E 2 PARA AVALIAÇÃO DOS *PADRÕES* DAS BPRWS E DA *OFZ DE TRANSIÇÃO INTERNA*

Nº Sequencial	Modelo	<i>Padrão BPRW</i>		Aeronave que espera para entrar na RW			Aeronave que acaba de sair da RW		
				OFZ de trans. Interna			OFZ de trans. Interna		
		ICAO	FAA	ICAO	FAA		ICAO	FAA	
		Cenários 1 e 2	Cenários 1 e 2	Cenários 1 e 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenários 1 e 2	Cenário 1	Cenário 2
1	42-600	60,0	75,0	59,5	60,0	59,5	64,0	60,0	60,0
2	135ER	90,0	75,0	71,5	60,0	71,5	80,3	60,0	60,0
3	140ER	90,0	75,0	71,5	60,0	71,5	80,3	60,0	60,0
4	CRJ700 Next Gen ER	90,0	75,0	73,4	60,0	73,4	82,8	60,0	60,0
5	72-600	90,0	75,0	77,5	60,0	77,5	83,0	60,0	60,0
6	170 standard	90,0	75,0	73,9	60,0	73,9	89,6	60,0	60,0
7	175 standard	90,0	75,0	73,8	60,0	73,8	89,5	60,0	60,0
8	190 standard	90,0	75,0	75,9	60,0	75,9	91,7	60,0	60,0
9	195 standard	90,0	75,0	75,5	60,0	75,5	91,7	60,0	60,0
10	737-700	90,0	75,0	79,9	60,0	79,9	97,5	60,0	65,8
11	318-100	90,0	75,0	77,8	60,0	77,8	97,5	60,0	64,7
12	145LR	90,0	75,0	71,5	60,0	71,5	80,3	60,0	60,0
13	CRJ900 Next Gen LR	90,0	75,0	73,4	60,0	73,4	82,5	60,0	60,0
14	195AR	90,0	75,0	75,3	60,0	75,3	91,7	60,0	60,0
15	319	90,0	75,0	78,0	60,0	78,0	95,4	60,0	61,2
16	320	90,0	75,0	77,7	60,0	77,7	95,4	60,0	62,1
17	321	90,0	75,0	77,9	60,0	77,9	95,4	60,0	61,2
18	737-800	90,0	75,0	80,3	60,0	80,3	97,5	60,0	65,8
19	737-900ER	90,0	75,0	80,3	60,0	80,3	97,5	60,0	65,7

Nº Sequencial	Modelo	Padrão BPRW		Aeronave que espera para entrar na RW			Aeronave que acaba de sair da RW		
				OFZ de trans. Interna			OFZ de trans. Interna		
		ICAO	FAA	ICAO	FAA		ICAO	FAA	
		Cenários 1 e 2	Cenários 1 e 2	Cenários 1 e 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenários 1 e 2	Cenário 1	Cenário 2
20	767-300ER	90,0	75,0	82,5	60,0	82,5	107,4	71,2	89,9
21	787-8	90,0	85,0	83,1	60,0	83,1	111,0	85,4	104,0
22	330-200	90,0	85,0	83,3	60,0	83,3	112,2	88,0	106,2
23	330-300	90,0	85,0	83,2	60,0	83,2	110,4	84,4	103,2
24	777-200ER	90,0	85,0	86,1	60,0	86,1	115,5	94,9	112,1
25	777-200LR	90,0	85,0	86,1	60,0	86,1	115,8	97,7	115,1
26	777-300ER	90,0	85,0	86,3	60,0	86,3	115,5	97,1	114,6
27	330-200F	90,0	85,0	84,2	60,0	84,2	112,2	88,0	106,2
28	340-500	90,0	85,0	83,9	60,0	83,9	111,8	89,1	107,7
29	747-8	107,5	85,0	107,0	60,0	107,0	135,7	104,6	121,5
30	747-8F	107,5	85,0	107,0	60,0	107,0	135,7	104,6	121,5
31	380-800	107,5	85,0	110,5	87,7	110,5	149,8	139,2	152,3

FONTE: Adaptado a partir dos dados da Tabela 5.1-1 e das especificações da ICAO e da FAA

ANEXO E – DADOS RELATIVOS AOS CENÁRIOS 3 E 4 PARA AVALIAÇÃO DOS *PADRÕES* DAS BPRWS E DA *OFZ DE TRANSIÇÃO INTERNA*

Nº Sequencial	Modelo	<i>Padrão BPRW</i>		Aeronave que espera para entrar na RW			Aeronave que acaba de sair da RW		
				OFZ de trans. Interna			OFZ de trans. Interna		
		ICAO	FAA	ICAO	FAA		ICAO	FAA	
		Cenários 3 e 4	Cenários 3 e 4	Cenários 3 e 4	Cenário 3	Cenário 4	Cenários 3 e 4	Cenário 3	Cenário 4
1	42-600	60,0	94,5	59,5	61,2	63,4	64,0	72,0	72,4
2	135ER	90,0	75,0	71,5	60,0	60,0	80,3	64,5	65,3
3	140ER	90,0	75,0	71,5	60,0	60,0	80,3	64,5	65,3
4	CRJ700 Next Gen ER	90,0	75,0	73,4	60,0	60,0	82,8	71,3	71,6
5	72-600	90,0	94,5	77,5	62,8	65,2	83,0	73,8	74,3
6	170 standard	90,0	75,0	73,9	65,2	60,9	89,6	86,4	86,4
7	175 standard	90,0	75,0	73,8	63,8	60,0	89,5	86,2	86,2
8	190 standard	90,0	75,0	75,9	66,5	63,7	91,7	92,1	92,1
9	195 standard	90,0	75,0	75,5	64,8	63,0	91,7	92,1	92,1
10	737-700	90,0	75,0	79,9	84,0	79,2	97,5	107,8	107,8
11	318-100	90,0	75,0	77,8	84,6	80,1	97,5	106,8	106,8
12	145LR	125,5	75,0	71,5	60,0	60,0	80,3	64,4	65,3
13	CRJ900 Next Gen LR	125,5	75,0	73,4	60,0	60,0	82,5	71,6	72,2
14	195AR	125,5	75,0	75,3	64,8	62,7	91,7	92,1	92,1
15	319	125,5	75,0	78,0	78,7	73,9	95,4	102,6	102,6
16	320	125,5	75,0	77,7	76,8	71,4	95,4	103,4	103,4
17	321	125,5	75,0	77,9	71,2	70,6	95,4	102,6	102,6
18	737-800	125,5	110,0	80,3	79,9	75,6	97,5	107,8	107,8
19	737-900ER	125,5	110,0	80,3	78,0	75,5	97,5	107,7	107,7

Nº Sequencial	Modelo	Padrão BPRW		Aeronave que espera para entrar na RW			Aeronave que acaba de sair da RW		
				OFZ de trans. Interna			OFZ de trans. Interna		
		ICAO	FAA	ICAO	FAA		ICAO	FAA	
		Cenários 3 e 4	Cenários 3 e 4	Cenários 3 e 4	Cenário 3	Cenário 4	Cenários 3 e 4	Cenário 3	Cenário 4
20	767-300ER	125,5	110,0	82,5	95,4	87,5	107,4	134,2	134,2
21	787-8	125,5	120,0	83,1	108,1	99,9	111,0	148,4	148,4
22	330-200	125,5	120,0	83,3	109,7	101,3	112,2	151,0	151,0
23	330-300	125,5	120,0	83,2	102,4	96,4	110,4	147,4	147,4
24	777-200ER	125,5	120,0	86,1	112,9	103,7	115,5	157,9	157,9
25	777-200LR	125,5	120,0	86,1	115,7	106,5	115,8	160,7	160,7
26	777-300ER	125,5	120,0	86,3	107,9	104,5	115,5	160,1	160,1
27	330-200F	125,5	120,0	84,2	109,7	101,3	112,2	151,0	151,0
28	340-500	125,5	120,0	83,9	104,1	99,5	111,8	152,1	152,1
29	747-8	143,0	120,0	107,0	113,7	112,2	135,7	167,6	167,6
30	747-8F	143,0	120,0	107,0	113,7	112,2	135,7	167,6	167,6
31	380-800	143,0	120,0	110,5	150,7	140,3	149,8	202,2	202,2

FONTE: Adaptado a partir dos dados da Tabela 5.1-1 e das especificações da ICAO e da FAA

ANEXO F – DADOS RELATIVOS AOS CENÁRIOS 5 E 6 PARA AVALIAÇÃO DOS *PADRÕES* DAS BPRWS E DA *OFZ DE TRANSIÇÃO INTERNA*

N° Sequencial	Modelo	<i>Padrão BPRW</i>		Aeronave que espera para entrar na RW			Aeronave que acaba de sair da RW		
				OFZ de trans. Interna			OFZ de trans. Interna		
		ICAO	FAA	ICAO	FAA		ICAO	FAA	
		Cenários 5 e 6	Cenários 5 e 6	Cenários 5 e 6	Cenário 5	Cenário 6	Cenários 5 e 6	Cenário 5	Cenário 6
1	42-600	60,0	75,0	65,1	60,0	60,0	69,6	60,0	60,0
2	135ER	90,0	75,0	78,2	60,0	60,0	87,0	60,0	60,0
3	140ER	90,0	75,0	78,2	60,0	60,0	87,0	60,0	60,0
4	CRJ700 Next Gen ER	90,0	75,0	80,1	60,0	60,0	89,6	60,0	60,0
5	72-600	90,0	75,0	84,2	60,0	60,0	89,7	60,0	60,0
6	170 standard	90,0	75,0	80,6	60,0	60,0	96,3	60,0	60,0
7	175 standard	90,0	75,0	80,6	60,0	60,0	96,2	60,0	60,0
8	190 standard	90,0	75,0	82,7	60,0	60,0	98,4	60,0	62,7
9	195 standard	90,0	75,0	82,2	60,0	60,0	98,4	60,0	62,7
10	737-700	90,0	75,0	86,6	60,0	60,0	104,3	60,0	77,0
11	318-100	90,0	75,0	84,5	60,0	60,0	104,3	60,0	75,9
12	145LR	101,3	75,0	78,2	60,0	60,0	87,0	60,0	60,0
13	CRJ900 Next Gen LR	101,3	75,0	80,1	60,0	60,0	89,3	60,0	60,0
14	195AR	101,3	75,0	82,1	60,0	60,0	98,4	60,0	62,7
15	319	101,3	75,0	84,8	60,0	60,0	102,2	60,0	72,4
16	320	101,3	75,0	84,5	60,0	60,0	102,2	60,0	73,3
17	321	101,3	75,0	84,7	60,0	60,0	102,2	60,0	72,4
18	737-800	101,3	75,0	87,0	60,0	60,0	104,3	60,0	77,0
19	737-900ER	101,3	75,0	87,0	60,0	60,0	104,3	60,0	77,0

Nº Sequencial	Modelo	Padrão BPRW		Aeronave que espera para entrar na RW			Aeronave que acaba de sair da RW		
				OFZ de trans. Interna			OFZ de trans. Interna		
		ICAO	FAA	ICAO	FAA		ICAO	FAA	
		Cenários 5 e 6	Cenários 5 e 6	Cenários 5 e 6	Cenário 5	Cenário 6	Cenários 5 e 6	Cenário 5	Cenário 6
20	767-300ER	101,3	75,0	89,2	60,0	62,4	114,2	84,7	101,2
21	787-8	101,3	85,0	89,9	60,0	74,9	117,8	98,9	115,3
22	330-200	101,3	85,0	90,0	60,2	76,1	119,0	101,5	117,4
23	330-300	101,3	85,0	90,0	60,0	69,4	117,2	97,9	114,4
24	777-200ER	101,3	85,0	92,9	63,4	78,3	122,3	108,4	123,3
25	777-200LR	101,3	85,0	92,9	66,2	81,3	122,6	111,2	126,4
26	777-300ER	101,3	85,0	93,1	60,0	77,3	122,3	110,6	125,9
27	330-200F	101,3	85,0	90,9	60,2	76,1	119,0	101,5	117,4
28	340-500	101,3	85,0	90,6	60,0	72,3	118,6	102,6	118,9
29	747-8	107,5	85,0	113,7	64,2	84,9	142,5	118,1	132,8
30	747-8F	107,5	85,0	113,7	64,2	84,9	142,5	118,1	132,8
31	380-800	107,5	85,0	117,3	101,2	112,1	156,6	152,7	163,6

FONTE: Adaptado a partir dos dados da Tabela 5.1-1 e das especificações da ICAO e da FAA

ANEXO G – DADOS RELATIVOS AOS CENÁRIOS 7 E 8 PARA AVALIAÇÃO DOS *PADRÕES* DAS BPRWS E DA *OFZ DE TRANSIÇÃO INTERNA*

N° Sequencial	Modelo	<i>Padrão BPRW</i>		Aeronave que espera para entrar na RW			Aeronave que acaba de sair da RW		
				OFZ de trans. Interna			OFZ de trans. Interna		
		ICAO	FAA	ICAO	FAA		ICAO	FAA	
		Cenários 7 e 8	Cenários 7 e 8	Cenários 7 e 8	Cenário 7	Cenário 8	Cenários 7 e 8	Cenário 7	Cenário 8
1	42-600	60,0	94,5	65,1	74,7	74,7	69,6	85,5	85,5
2	135ER	90,0	75,0	78,2	60,3	61,9	87,0	78,0	78,0
3	140ER	90,0	75,0	78,2	60,3	61,9	87,0	78,0	78,0
4	CRJ700 Next Gen ER	90,0	75,0	80,1	65,9	67,1	89,6	84,8	84,8
5	72-600	90,0	94,5	84,2	76,3	76,5	89,7	87,3	87,3
6	170 standard	90,0	75,0	80,6	78,7	74,4	96,3	99,9	99,9
7	175 standard	90,0	75,0	80,6	77,3	72,7	96,2	99,7	99,7
8	190 standard	90,0	75,0	82,7	80,0	74,9	98,4	105,6	105,6
9	195 standard	90,0	75,0	82,2	78,3	74,2	98,4	105,6	105,6
10	737-700	90,0	75,0	86,6	97,5	92,7	104,3	121,3	121,3
11	318-100	90,0	75,0	84,5	98,1	93,6	104,3	120,3	120,3
12	145LR	136,8	75,0	78,2	60,4	61,9	87,0	77,9	77,9
13	CRJ900 Next Gen LR	136,8	75,0	80,1	66,9	68,2	89,3	85,1	85,1
14	195AR	136,8	75,0	82,1	78,3	73,9	98,4	105,6	105,6
15	319	136,8	75,0	84,8	92,2	87,4	102,2	116,1	116,1
16	320	136,8	75,0	84,5	90,3	84,9	102,2	116,9	116,9
17	321	136,8	75,0	84,7	84,7	81,8	102,2	116,1	116,1
18	737-800	136,8	110,0	87,0	93,4	87,7	104,3	121,3	121,3
19	737-900ER	136,8	110,0	87,0	91,5	86,8	104,3	121,2	121,2

N° Sequencial	Modelo	<i>Padrão BPRW</i>		Aeronave que espera para entrar na RW			Aeronave que acaba de sair da RW		
				OFZ de trans. Interna			OFZ de trans. Interna		
		ICAO	FAA	ICAO	FAA		ICAO	FAA	
		Cenários 7 e 8	Cenários 7 e 8	Cenários 7 e 8	Cenário 7	Cenário 8	Cenários 7 e 8	Cenário 7	Cenário 8
20	767-300ER	136,8	110,0	89,2	108,9	101,0	114,2	147,7	147,7
21	787-8	136,8	120,0	89,9	121,6	113,4	117,8	161,9	161,9
22	330-200	136,8	120,0	90,0	123,2	114,8	119,0	164,5	164,5
23	330-300	136,8	120,0	90,0	115,9	107,6	117,2	160,9	160,9
24	777-200ER	136,8	120,0	92,9	126,4	117,2	122,3	171,4	171,4
25	777-200LR	136,8	120,0	92,9	129,2	120,0	122,6	174,2	174,2
26	777-300ER	136,8	120,0	93,1	121,4	115,8	122,3	173,6	173,6
27	330-200F	136,8	120,0	90,9	123,2	114,8	119,0	164,5	164,5
28	340-500	136,8	120,0	90,6	117,6	110,8	118,6	165,6	165,6
29	747-8	143,0	120,0	113,7	127,2	123,7	142,5	181,1	181,1
30	747-8F	143,0	120,0	113,7	127,2	123,7	142,5	181,1	181,1
31	380-800	143,0	120,0	117,3	164,2	153,8	156,6	215,7	215,7

FONTE: Adaptado a partir dos dados da Tabela 5.1-1 e das especificações da ICAO e da FAA

ANEXO H – DADOS RELATIVOS AOS CENÁRIOS 9, 10, 11 e 12 PARA AVALIAÇÃO DOS *PADRÕES* DAS BPRWS

N° Sequencial	Modelo	ICAO				FAA	
		Cenário 9	Cenário 10	Cenário 11	Cenário 12	Cenários 9 e 10	Cenários 11 e 12
1	42-600	40,0	40,0	40	40	60	79,455
2	135ER	75,0	75,0	75	75	60	60
3	140ER	75,0	75,0	75	75	75	75
4	CRJ700 Next Gen ER	75,0	75,0	75	75	75	75
5	72-600	75,0	75,0	75	75	60	79,455
6	170 standard	75,0	75,0	75	75	75	75
7	175 standard	75,0	75,0	75	75	75	75
8	190 standard	75,0	75,0	75	75	75	75
9	195 standard	75,0	75,0	75	75	75	75
10	737-700	75,0	75,0	75	75	75	75
11	318-100	75,0	75,0	75	75	75	75
12	145LR	75,0	86,3	110,5	121,75	75	75
13	CRJ900 Next Gen LR	75,0	86,3	110,5	121,75	75	75
14	195AR	75,0	86,3	110,5	121,75	75	75
15	319	75,0	86,3	110,5	121,75	75	75
16	320	75,0	86,3	110,5	121,75	75	75
17	321	75,0	86,3	110,5	121,75	75	75
18	737-800	75,0	86,3	110,5	121,75	75	110
19	737-900ER	75,0	86,3	110,5	121,75	75	110

N° Sequencial	Modelo	ICAO				FAA	
		Cenário 9	Cenário 10	Cenário 11	Cenário 12	Cenários 9 e 10	Cenários 11 e 12
20	767-300ER	75,0	86,3	110,5	121,75	75	110
21	787-8	75,0	86,3	110,5	121,75	75	110
22	330-200	75,0	86,3	110,5	121,75	75	110
23	330-300	75,0	86,3	110,5	121,75	75	110
24	777-200ER	75,0	86,3	110,5	121,75	75	110
25	777-200LR	75,0	86,3	110,5	121,75	75	110
26	777-300ER	75,0	86,3	110,5	121,75	75	110
27	330-200F	75,0	86,3	110,5	121,75	75	110
28	340-500	75,0	86,3	110,5	121,75	75	110
29	747-8	75,0	75,0	110,5	110,5	85	120
30	747-8F	75,0	75,0	110,5	110,5	85	120
31	380-800	75,0	75,0	110,5	110,5	85	120

FONTE: Adaptado a partir dos dados da Tabela 5.1-1 e das especificações da ICAO e da FAA

ANEXO I – DADOS RELATIVOS À SEPARAÇÃO ENTRE RWS PARALELAS

Nº Sequencial	Modelo	<i>Padrão de separação entre RWS para aproximação visual</i>	
		ICAO	FAA
1	42-600	150,0	214,0
2	135ER	210,0	214,0
3	140ER	210,0	214,0
4	CRJ700 Next Gen ER	210,0	214,0
5	72-600	210,0	214,0
6	170 standard	210,0	214,0
7	175 standard	210,0	214,0
8	190 standard	210,0	214,0
9	195 standard	210,0	214,0
10	737-700	210,0	214,0
11	318-100	210,0	214,0
12	145LR	210,0	214,0
13	CRJ900 Next Gen LR	210,0	214,0
14	195AR	210,0	214,0
15	319	210,0	214,0
16	320	210,0	214,0
17	321	210,0	214,0
18	737-800	210,0	214,0
19	737-900ER	210,0	214,0
20	767-300ER	210,0	214,0
21	787-8	210,0	366,0
22	330-200	210,0	366,0
23	330-300	210,0	366,0
24	777-200ER	210,0	366,0
25	777-200LR	210,0	366,0
26	777-300ER	210,0	366,0
27	330-200F	210,0	366,0
28	340-500	210,0	366,0
29	747-8	210,0	366,0
30	747-8F	210,0	366,0
31	380-800	210,0	366,0

FONTE: Adaptado a partir dos dados da Tabela 5.1-1 e das especificações da ICAO e da FAA

ANEXO J – DADOS RELATIVOS À SEPARAÇÃO ENTRE RWS E TWS PARALELAS PARA OS CENÁRIOS 1 E 2

Nº Sequencial	Modelo	Padrão de separação RW/TW			Separação para atendimento à OFZ de transição interna		
		ICAO	FAA		ICAO	FAA	
		Cenários 1 e 2	Cenário 1	Cenário 2	Cenários 1 e 2	Cenário 1	Cenário 2
1	42-600	93,0	105,0	105,0	79,3	60,0	108,7
2	135ER	162,0	90,0	90,0	87,3	60,0	78,5
3	140ER	162,0	120,0	120,0	87,3	60,0	78,5
4	CRJ700 Next Gen ER	162,0	120,0	120,0	87,3	60,0	80,3
5	72-600	168,0	105,0	105,0	101,1	60,0	110,1
6	170 standard	168,0	120,0	120,0	101,1	60,0	109,5
7	175 standard	168,0	120,0	120,0	101,1	60,0	109,5
8	190 standard	168,0	120,0	120,0	101,1	60,0	111,0
9	195 standard	168,0	120,0	120,0	101,1	60,0	111,0
10	737-700	168,0	120,0	120,0	101,1	60,0	115,0
11	318-100	168,0	120,0	120,0	101,1	60,0	114,0
12	145LR	162,0	120,0	120,0	87,3	60,0	78,5
13	CRJ900 Next Gen LR	168,0	120,0	120,0	101,1	60,0	108,8
14	195AR	168,0	120,0	120,0	101,1	60,0	111,0
15	319	168,0	120,0	120,0	101,1	60,0	114,0
16	320	168,0	120,0	120,0	101,1	60,0	114,8
17	321	168,0	120,0	120,0	101,1	60,0	114,0
18	737-800	168,0	120,0	120,0	101,1	60,0	115,0
19	737-900ER	168,0	120,0	120,0	101,1	60,0	114,9
20	767-300ER	176,0	120,0	120,0	114,9	86,2	149,2
21	787-8	182,5	120,0	150,0	120,3	104,0	167,0
22	330-200	182,5	120,0	150,0	120,3	104,2	167,2
23	330-300	182,5	120,0	150,0	120,3	104,2	167,2
24	777-200ER	182,5	120,0	150,0	120,3	104,5	167,5
25	777-200LR	182,5	120,0	150,0	120,3	106,7	169,7
26	777-300ER	182,5	120,0	150,0	120,3	106,7	169,7
27	330-200F	182,5	120,0	150,0	120,3	104,2	167,2
28	340-500	182,5	120,0	150,0	120,3	106,0	169,0
29	747-8	190,0	150,0	150,0	150,7	134,6	197,6
30	747-8F	190,0	150,0	150,0	150,7	134,6	197,6
31	380-800	190,0	150,0	150,0	150,7	141,0	204,0

FONTE: Adaptado a partir dos dados da Tabela 5.1-1 e das especificações da ICAO e da FAA

ANEXO K – DADOS RELATIVOS À SEPARAÇÃO ENTRE RWS E TWS PARALELAS PARA OS CENÁRIOS 3 E 4

Nº Sequencial	Modelo	Padrão de separação RW/TW			Separação para atendimento à OFZ de transição interna		
		ICAO	FAA		ICAO	FAA	
		Cenários 3 e 4	Cenário 3	Cenário 4	Cenários 3 e 4	Cenário 3	Cenário 4
1	42-600	93,0	105,0	105,0	79,3	64,5	108,7
2	135ER	162,0	90,0	90,0	87,3	60,0	78,5
3	140ER	162,0	120,0	120,0	87,3	60,0	78,5
4	CRJ700 Next Gen ER	162,0	120,0	120,0	87,3	60,0	80,3
5	72-600	168,0	105,0	105,0	101,1	66,1	110,1
6	170 standard	168,0	120,0	120,0	101,1	65,4	109,5
7	175 standard	168,0	120,0	120,0	101,1	65,4	109,5
8	190 standard	168,0	120,0	120,0	101,1	67,2	111,0
9	195 standard	168,0	120,0	120,0	101,1	67,2	111,0
10	737-700	168,0	120,0	120,0	101,1	71,8	115,0
11	318-100	168,0	120,0	120,0	101,1	70,7	114,0
12	145LR	162,0	120,0	120,0	87,3	60,0	78,5
13	CRJ900 Next Gen LR	168,0	120,0	120,0	101,1	64,7	108,8
14	195AR	168,0	120,0	120,0	101,1	67,2	111,0
15	319	168,0	120,0	120,0	101,1	70,7	114,0
16	320	168,0	120,0	120,0	101,1	71,6	114,8
17	321	168,0	120,0	120,0	101,1	70,7	114,0
18	737-800	168,0	120,0	120,0	101,1	71,8	115,0
19	737-900ER	168,0	120,0	120,0	101,1	71,7	114,9
20	767-300ER	176,0	120,0	120,0	114,9	102,4	149,2
21	787-8	182,5	150,0	150,0	120,3	119,5	167,0
22	330-200	182,5	150,0	150,0	120,3	119,7	167,2
23	330-300	182,5	150,0	150,0	120,3	119,7	167,2
24	777-200ER	182,5	150,0	150,0	120,3	120,1	167,5
25	777-200LR	182,5	150,0	150,0	120,3	122,6	169,7
26	777-300ER	182,5	150,0	150,0	120,3	122,6	169,7
27	330-200F	182,5	150,0	150,0	120,3	119,7	167,2
28	340-500	182,5	150,0	150,0	120,3	121,8	169,0
29	747-8	190,0	168,0	168,0	150,7	146,5	197,6
30	747-8F	190,0	168,0	168,0	150,7	146,5	197,6
31	380-800	190,0	168,0	168,0	150,7	153,8	204,0

FONTE: Adaptado a partir dos dados da Tabela 5.1-1 e das especificações da ICAO e da FAA

ANEXO L – DADOS RELATIVOS À SEPARAÇÃO ENTRE RWS E TWS PARALELAS PARA OS CENÁRIOS 5 E 6

Nº Sequencial	Modelo	Padrão de separação RW/TW		
		ICAO	FAA	
		Cenários 5 e 6	Cenário 5	Cenário 6
1	42-600	58,0	90,0	90,0
2	135ER	87,0	72,0	72,0
3	140ER	87,0	90,0	90,0
4	CRJ700 Next Gen ER	87,0	90,0	90,0
5	72-600	93,0	90,0	90,0
6	170 standard	93,0	120,0	120,0
7	175 standard	93,0	120,0	120,0
8	190 standard	93,0	120,0	120,0
9	195 standard	93,0	120,0	120,0
10	737-700	93,0	120,0	120,0
11	318-100	93,0	120,0	120,0
12	145LR	87,0	90,0	90,0
13	CRJ900 Next Gen LR	93,0	120,0	120,0
14	195AR	93,0	120,0	120,0
15	319	93,0	120,0	120,0
16	320	93,0	120,0	120,0
17	321	93,0	120,0	120,0
18	737-800	93,0	120,0	120,0
19	737-900ER	93,0	120,0	120,0
20	767-300ER	101,0	120,0	120,0
21	787-8	107,5	120,0	150,0
22	330-200	107,5	120,0	150,0
23	330-300	107,5	120,0	150,0
24	777-200ER	107,5	120,0	150,0
25	777-200LR	107,5	120,0	150,0
26	777-300ER	107,5	120,0	150,0
27	330-200F	107,5	120,0	150,0
28	340-500	107,5	120,0	150,0
29	747-8	115,0	150,0	150,0
30	747-8F	115,0	150,0	150,0
31	380-800	115,0	150,0	150,0

FONTE: Adaptado a partir dos dados da Tabela 5.1-1 e das especificações da ICAO e da FAA

ANEXO L – DADOS RELATIVOS ÀS ÁREAS DE PROTEÇÃO DA RW, CENÁRIO 1

Nº Sequencial	Modelo	Largura					Comprimento				
		ICAO			FAA		ICAO		FAA		
		AGFRW	APFRW	ARFRW	ROFA	RSA	Faixa da RW	RESA	ROFA	RSA (L1)	RSA (L2)
1	42-600	150,0	80,0	90,0	240	120	60	180	240	180	240
2	135ER	300,0	150,0	120,0	240	90	60	300	180	180	180
3	140ER	300,0	150,0	120,0	240	120	60	300	300	180	300
4	CRJ700 Next Gen ER	300,0	150,0	120,0	240	120	60	300	300	180	300
5	72-600	300,0	150,0	120,0	240	120	60	300	240	180	240
6	170 standard	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
7	175 standard	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
8	190 standard	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
9	195 standard	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
10	737-700	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
11	318-100	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
12	145LR	300,0	150,0	120,0	240	120	60	300	300	180	300
13	CRJ900 Next Gen LR	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
14	195AR	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
15	319	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
16	320	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
17	321	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
18	737-800	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
19	737-900ER	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
20	767-300ER	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
21	787-8	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300

N° Sequencial	Modelo	Largura					Comprimento				
		ICAO			FAA		ICAO		FAA		
		AGFRW	APFRW	ARFRW	ROFA	RSA	Faixa da RW	RESA	ROFA	RSA (L1)	RSA (L2)
22	330-200	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
23	330-300	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
24	777-200ER	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
25	777-200LR	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
26	777-300ER	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
27	330-200F	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
28	340-500	300,0	150,0	120,0	240	150	60	300	300	180	300
29	747-8	300,0	150,0	155,0	240	150	60	300	300	180	300
30	747-8F	300,0	150,0	155,0	240	150	60	300	300	180	300
31	380-800	300,0	150,0	155,0	240	150	60	300	300	180	300

FONTE: Adaptado a partir dos dados da Tabela 5.1-1 e das especificações da ICAO e da FAA

ANEXO N – DADOS RELATIVOS ÀS ÁREAS DE PROTEÇÃO DA RW, CENÁRIO 2

N° Sequencial	Modelo	Largura				Comprimento				
		ICAO		FAA		ICAO		FAA		
		AGFRW	APFRW	ROFA	RSA	Faixa da RW	RESA	ROFA	RSA (L1)	RSA (L2)
1	42-600	80,0	80,0	240	90	60	180	180	180	180
2	135ER	150,0	150,0	150	45	60	300	90	90	90
3	140ER	150,0	150,0	240	120	60	300	300	180	300
4	CRJ700 Next Gen ER	150,0	150,0	240	120	60	300	300	180	300
5	72-600	150,0	150,0	240	90	60	300	180	180	180
6	170 standard	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
7	175 standard	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
8	190 standard	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
9	195 standard	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
10	737-700	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
11	318-100	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
12	145LR	150,0	150,0	240	120	60	300	300	180	300
13	CRJ900 Next Gen LR	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
14	195AR	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
15	319	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
16	320	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
17	321	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
18	737-800	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
19	737-900ER	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300

N° Sequencial	Modelo	Largura				Comprimento				
		ICAO		FAA		ICAO		FAA		
		AGFRW	APFRW	ROFA	RSA	Faixa da RW	RESA	ROFA	RSA (L1)	RSA (L2)
20	767-300ER	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
21	787-8	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
22	330-200	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
23	330-300	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
24	777-200ER	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
25	777-200LR	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
26	777-300ER	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
27	330-200F	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
28	340-500	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
29	747-8	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
30	747-8F	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300
31	380-800	150,0	150,0	240	150	60	300	300	180	300

FONTE: Adaptado a partir dos dados da Tabela 5.1-1 e das especificações da ICAO e da FAA

ANEXO O – DADOS RELATIVOS À AVALIAÇÃO DA OFZ DE TRANSIÇÃO INTERNA NAS BPRWS DO SBGR COM BASE NOS PADRÕES DO GRUPO GEOMÉTRICO F PARA ICAO E NOS PADRÕES CAT II/III PARA AERONAVES DE GRANDE PORTE NO CASO DA FAA

BPRW	Posição (m)	Estabilizador								Nariz			
		Esperando para entrar				Saindo da RW				Esperando para entrar			
		Folga ICAO		Folga FAA		Folga ICAO		Folga FAA		Folga ICAO		Folga FAA	
		A380-800	B747-8	A380-800	B747-8	A380-800	B747-8	A380-800	B747-8	A380-800	B747-8	A380-800	B747-8
1	123	8,2	13,8	3,6	9,8	-8,9	-4,2	-4,9	0,8	4,2	5,3	8,2	10,4
2	123	8,2	13,8	3,6	9,8	-8,9	-4,2	-4,9	0,8	4,2	5,3	8,2	10,4
3	76	-7,5	-1,9	-4,2	2,0	-24,6	-19,9	-12,8	-7,0	-11,5	-10,3	0,3	2,5
4	83	-5,1	0,4	-3,0	3,1	-22,3	-17,6	-11,6	-5,9	-9,2	-8,0	1,5	3,7
5	83	-5,1	0,4	-3,0	3,1	-22,3	-17,6	-11,6	-5,9	-9,2	-8,0	1,5	3,7
6	77	-7,1	-1,6	-4,0	2,1	-24,3	-19,6	-12,6	-6,9	-11,2	-10,0	0,5	2,7
7	77	-7,1	-1,6	-4,0	2,1	-24,3	-19,6	-12,6	-6,9	-11,2	-10,0	0,5	2,7
8	121	7,5	13,1	3,3	9,5	-9,6	-4,9	-5,3	0,5	3,5	4,7	7,8	10,0
9	90	-2,8	2,8	-1,9	4,3	-19,9	-15,2	-10,4	-4,7	-6,8	-5,7	2,7	4,9
10	124	8,5	14,1	3,8	10,0	-8,6	-3,9	-4,8	1,0	4,5	5,7	8,3	10,5
11	120	7,2	12,8	3,1	9,3	-9,9	-5,2	-5,4	0,3	3,2	4,3	7,7	9,9
12	122	7,9	13,4	3,5	9,6	-9,3	-4,6	-5,1	0,6	3,8	5,0	8,0	10,2
13	122	7,9	13,4	3,5	9,6	-9,3	-4,6	-5,1	0,6	3,8	5,0	8,0	10,2
14	124	8,5	14,1	3,8	10,0	-8,6	-3,9	-4,8	1,0	4,5	5,7	8,3	10,5
15	123	8,2	13,8	3,6	9,8	-8,9	-4,2	-4,9	0,8	4,2	5,3	8,2	10,4
16	123	8,2	13,8	3,6	9,8	-8,9	-4,2	-4,9	0,8	4,2	5,3	8,2	10,4
17	121	7,5	13,1	3,3	9,5	-9,6	-4,9	-5,3	0,5	3,5	4,7	7,8	10,0
18	122	7,9	13,4	3,5	9,6	-9,3	-4,6	-5,1	0,6	3,8	5,0	8,0	10,2

FONTE: Calculado a partir das especificações contidas na ICAO Annex 14 (2004a) e na FAA AC 150/5300-13 (1989) e dos dados das aeronaves

la: Dimensões em metros

ANEXO P – DADOS RELATIVOS À AVALIAÇÃO DA OFZ DE TRANSIÇÃO INTERNA NAS BPRWS DO SBGR COM BASE NOS PADRÕES DO GRUPO GEOMÉTRICO E PARA ICAO E NOS PADRÕES CAT II/III PARA AERONAVES DE GRANDE PORTE NO CASO DA FAA

BPRW	Posição (m)	Estabilizador								Nariz			
		Esperando para entrar				Saindo da RW				Esperando para entrar			
		Folga ICAO		Folga FAA		Folga ICAO		Folga FAA		Folga ICAO		Folga FAA	
		A380-800	B747-8	A380-800	B747-8	A380-800	B747-8	A380-800	B747-8	A380-800	B747-8	A380-800	B747-8
1	123	14,0	19,6	3,6	9,8	-3,1	1,6	-4,9	0,8	10,0	11,2	8,2	10,4
2	123	14,0	19,6	3,6	9,8	-3,1	1,6	-4,9	0,8	10,0	11,2	8,2	10,4
3	76	-1,6	3,9	-4,2	2,0	-18,8	-14,1	-12,8	-7,0	-5,7	-4,5	0,3	2,5
4	83	0,7	6,3	-3,0	3,1	-16,4	-11,7	-11,6	-5,9	-3,3	-2,2	1,5	3,7
5	83	0,7	6,3	-3,0	3,1	-16,4	-11,7	-11,6	-5,9	-3,3	-2,2	1,5	3,7
6	77	-1,3	4,3	-4,0	2,1	-18,4	-13,7	-12,6	-6,9	-5,3	-4,2	0,5	2,7
7	77	-1,3	4,3	-4,0	2,1	-18,4	-13,7	-12,6	-6,9	-5,3	-4,2	0,5	2,7
8	121	13,4	18,9	3,3	9,5	-3,8	0,9	-5,3	0,5	9,3	10,5	7,8	10,0
9	90	3,0	8,6	-1,9	4,3	-14,1	-9,4	-10,4	-4,7	-1,0	0,2	2,7	4,9
10	124	14,4	19,9	3,8	10,0	-2,8	1,9	-4,8	1,0	10,3	11,5	8,3	10,5
11	120	13,0	18,6	3,1	9,3	-4,1	0,6	-5,4	0,3	9,0	10,2	7,7	9,9
12	122	13,7	19,3	3,5	9,6	-3,4	1,3	-5,1	0,6	9,7	10,8	8,0	10,2
13	122	13,7	19,3	3,5	9,6	-3,4	1,3	-5,1	0,6	9,7	10,8	8,0	10,2
14	124	14,4	19,9	3,8	10,0	-2,8	1,9	-4,8	1,0	10,3	11,5	8,3	10,5
15	123	14,0	19,6	3,6	9,8	-3,1	1,6	-4,9	0,8	10,0	11,2	8,2	10,4
16	123	14,0	19,6	3,6	9,8	-3,1	1,6	-4,9	0,8	10,0	11,2	8,2	10,4
17	121	13,4	18,9	3,3	9,5	-3,8	0,9	-5,3	0,5	9,3	10,5	7,8	10,0
18	122	13,7	19,3	3,5	9,6	-3,4	1,3	-5,1	0,6	9,7	10,8	8,0	10,2

FONTE: Calculado a partir das especificações contidas na ICAO Annex 14 (2004a) e na FAA AC 150/5300-13 (1989) e dos dados das aeronaves
 |a: Dimensões em metro