

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Eduardo Saraiva Borges

Proposta de Projeto Geométrico do Lado-Ar para o Novo
Aeroporto Internacional de Porto Alegre – RS

Trabalho de Graduação
2012

Civil

Eduardo Saraiva Borges

**PROPOSTA DE PROJETO GEOMÉTRICO DO LADO-AR PARA O NOVO
AEROPORTO INTERNACIONAL DE PORTO ALEGRE – RS**

Orientadores

Maj. Eng. Ronaldo Gonçalves de Carvalho (ITA)

Prof. Dr. Cláudio Jorge Pinto Alves (ITA)

Engenharia Civil-Aeronáutica

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2012

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

Borges, Eduardo S.

Proposta de Projeto Geométrico do Lado-Ar para o Novo Aeroporto Internacional de Porto Alegre – RS / Eduardo Saraiva Borges.

São José dos Campos, 2012.

78f.

Trabalho de Graduação – Engenharia Civil-Aeronáutica – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2012. Orientadores: Maj. Eng. Ronaldo Gonçalves de Carvalho, Prof. Dr. Cláudio Jorge Pinto Alves.

1. Aeroportos 2. Planejamento de Aeroportos 3. Infraestrutura (Transporte) I. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. II. Título

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BORGES, Eduardo S. **Proposta de Projeto Geométrico do Lado-Ar para o Novo Aeroporto Internacional de Porto Alegre – RS**. 2012. 78f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Eduardo Saraiva Borges

TÍTULO DO TRABALHO: Proposta de projeto geométrico do lado-ar para o novo aeroporto internacional de Porto Alegre – RS

TIPO DO TRABALHO/ANO: Graduação / 2012

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

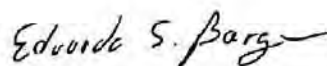
Eduardo Saraiva Borges

Rua Marechal Lino de Moraes Qd. 145, Lt. 12 – Cidade Jardim

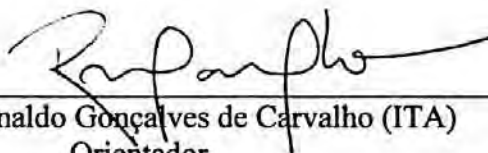
CEP 74413-140 – Goiânia – GO

**PROPOSTA DE PROJETO GEOMÉTRICO DO LADO-AR PARA O NOVO
AEROPORTO INTERNACIONAL DE PORTO ALEGRE – RS**

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação



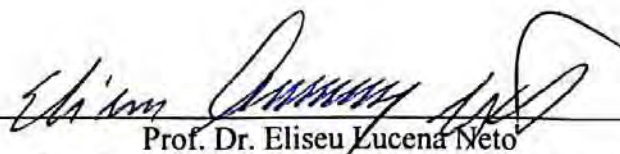
Eduardo Saraiva Borges
Autor



Maj. Eng. Ronaldo Gonçalves de Carvalho (ITA)
Orientador



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



Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto
Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 20 de novembro de 2012

*Dedico este trabalho aos meus pais,
que sempre me apoiaram e me incentivaram ,
e à minha irmã, pelo exemplo de dedicação.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores Ronaldo e CJ, pelo empenho dedicado a sanar minhas dúvidas, pelo incentivo na busca da excelência e pela disponibilidade.

Ao meu relator e conselheiro, Prof. Müller, pelas contribuições para o aperfeiçoamento deste trabalho, pela cobrança para não me deixar diminuir o ritmo e pelos conselhos durante o curso.

À minha turma, CIVIL 12, que dividiu comigo os momentos de dificuldade e de felicidade, fortalecendo a amizade construída nesta longa caminhada.

Aos amigos do 112, que sobreviveram comigo durante esses cinco anos.

À minha família, pelo apoio e incentivo em todos os momentos.

A todos os professores da Civil e do Fundamental, pelo tempo dedicado, pela atenção, pela preocupação em transmitir seus conhecimentos e pelos ensinamentos para minha vida profissional e pessoal.

*“If the facts don’t fit the theory,
change the facts.”*

Albert Einstein

RESUMO

Este Trabalho de Graduação teve como objetivo pesquisar e identificar uma área no entorno da região metropolitana de Porto Alegre adequada à implantação de um complexo aeroportuário e desenvolver uma proposta de configuração geométrica do lado-ar para o novo aeroporto.

Os *layouts* apresentados foram adotados convenientemente de acordo com as restrições geométricas e com os padrões e recomendações sugeridos pela ANAC. A escolha do sítio foi baseada na área declarada para esse fim pela SEINFRA do Rio Grande do Sul, e as direções e demais características das pistas de pouso determinadas de acordo com as recomendações do RBAC 154.

Foi utilizado ainda um Modelo Digital de Elevação (DEM), com resolução de 90 m, para ajudar na escolha do local de implantação, permitindo a visualização do perfil longitudinal dos eixos das pistas em diferentes direções.

As imagens de satélite da área selecionada foram obtidas através do software Google Earth Pro e utilizadas para verificar a influência das zonas de proteção do aeródromo e dos planos diretores das cidades vizinhas.

Os *fillets*, necessários para a operação segura das aeronaves tanto em saídas de pista quanto nas demais pistas de táxi, foram projetados e os cálculos apresentados.

Foram feitas considerações quanto à operação de aeronaves de grande porte como o A380, de modo que os distanciamentos necessários para operação dessas aeronaves foram respeitados possibilitando expansões futuras com o mínimo de impactos na geometria do aeroporto.

Palavras-chaves: infraestrutura aeroportuária; projeto geométrico; aeroporto internacional de Porto Alegre.

ABSTRACT

This academic work intended to research and identify a location surrounding the metropolitan area of Porto Alegre suitable for the implantation of an airport complex and develop a proposal for the geometric configuration of the air-side of the new airport.

The layouts were conveniently adopted in accordance with the geometrics constraints and with standards and recommendations suggested by ANAC. The site determination was based on the area declared for this purpose by SEINFRA of Rio Grande do Sul, and the directions and other characteristics of the runway were determined according to the methods of the RBAC 154.

A digital elevation model with 90 m of resolution was used to help choose the implantation site, allowing longitudinal profile views of the axes of runways positioned in different directions.

Satellite images of the selected area were obtained from Google Earth Pro and used to verify the influence of the airfield protection zones on the masters plans of the neighboring towns.

The fillets, necessary for the aircraft safe operation in runway's exits and taxiways, were designed and its calculations presented.

Considerations were made about the operation of large aircrafts such as the A380, so that required clearances for the operation of these aircrafts were already implanted allowing future expansions with minimal impact on the airport geometry.

Keywords: airport infrastructure; geometric design; Porto Alegre international airport.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Complexo do Aeroporto Internacional Salgado Filho	15
Figura 2 – Visão geral do Aeroporto Salgado Filho.....	16
Figura 3 – Gráfico do histórico de movimentos de aeronaves	17
Figura 4 – Gráfico do histórico de movimentação de passageiros	17
Figura 5 – Previsão de movimentos de aeronaves segundo IAC	21
Figura 6 – Área pré-selecionada para estudo de implantação	25
Figura 7 – Imagem isométrica do Modelo Digital de Terreno	26
Figura 8 – Anemograma com pista orientada a 105° em relação ao Norte Geométrico	31
Figura 9 – Superfície com pistas orientadas a 105° em relação ao norte geométrico	33
Figura 10 – Superfície com pistas orientadas a 120° em relação ao norte geométrico	33
Figura 11 – Vista isométrica geral da posição das pistas	34
Figura 12 – Principais características das aeronaves para o projeto geométrico.....	36
Figura 13 – Gráfico da temperatura média para o Aeroporto Salgado Filho	38
Figura 14 – Gráfico das médias das temperaturas máximas para o Aeroporto Salgado Filho	38
Figura 15 – Simbologia para o Método do Arco e da Tangente.....	50
Figura 16 – Parâmetros do Método do Arco e Tangente para <i>fillets</i>	51
Figura 17 – Desvio máximo ($\lambda_{\text{máx}}$) do trem de pouso principal	52
Figura 18 – Ângulo de esterçamento em função do desvio do trem de pouso principal	54
Figura 19 – Aumento do ângulo de esterçamento durante uma curva	55
Figura 20 – Comprimentos percorridos em função dos ângulos de esterçamento	56
Figura 21 – Características geométricas do B777	57
Figura 22 – Plano Básico de Zoneamento de Proteção do Aeródromo	59
Figura 23 – Modelo representativo das curvas isofônicas de 65 e 75 DNL	61
Figura 24 – Operações ao longo do dia em SBPA segundo o HOTRAN	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Movimento do Aeroporto Internacional Salgado Filho.....	15
Tabela 2 – Capacidade instalada e previsões com as obras de ampliação	16
Tabela 3 – MIX de aeronaves e principais origens/destinos do Aeroporto Salgado Filho	20
Tabela 4 – Projeção de movimento de aeronaves para SBPA.....	21
Tabela 5 – Dados percentuais de velocidade e direção de ventos da estação de Porto Alegre	30
Tabela 6 – Orientação da pista e utilização em função do vento transversal	31
Tabela 7 – Movimentação de terra para as orientações consideradas	32
Tabela 8 – Principais características das aeronaves para o projeto geométrico	36
Tabela 9 – Distâncias das rotas mais distantes para o novo aeroporto.....	37
Tabela 10 – Comprimentos de pista necessários para as aeronaves da frota	39
Tabela 11 – Letra Código de pistas de pouso	41
Tabela 12 – Número Código de pistas de pouso	41
Tabela 13 – Largura de pista recomendada pela ANAC	42
Tabela 14 – Velocidades de toque e saída de pista.....	44
Tabela 15 – Distâncias das saídas de pista	44
Tabela 16 – Distâncias mínimas de separação para pistas de táxi.....	47
Tabela 17 – Afastamento mínimo entre rodas externas e borda da pista de táxi	48
Tabela 18 – Largura mínima das pistas de táxi	48
Tabela 19 – Passo-a-passo para o cálculo de um dos <i>fillets</i> da proposta.....	57
Tabela 20 – Parâmetros para projeto dos <i>fillets</i> das curvas.....	58
Tabela 21 – Restrições altimétricas para pista CAT II e Número Código 4	60
Tabela 22 – Dimensões das curvas de ruído de 65 e 75 DNL.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

DECEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo

DEM – *Digital Elevation Model*

DNL – *Day-Night Average Sound Level*

EIA – Estudos de Impactos Ambientais

HOTRAN – horário de transporte

IAC – Instituto de Aviação Civil

ICEA – Instituto de Controle do Espaço Aéreo

ILS – *Instrumental Landing System*

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária

ISA – *International Standard Atmosphere*

NGDC – *National Geophysical Data Center*

NO – óxido nítrico

NOAA – *National Oceanic and Atmospheric Administration*

PBZP – Plano Básico de Zoneamento de Proteção

PBZR – Plano Básico de Zoneamento de Ruído

PMD – Peso Máximo de Decolagem

RIMA – Relatório de Impacto ao Meio Ambiente

SEINFRA – Secretaria Estadual de Infraestrutura e Logística

SUMÁRIO

1	OBJETIVO	14
2	AEROPORTO INTERNACIONAL SALGADO FILHO	14
2.1	Histórico do Aeroporto	14
2.2	MIX de Aeronaves do Salgado Filho.....	19
2.3	Projeção da demanda.....	20
2.4	Histórico de Fechamento do Aeroporto	21
3	LOCALIZAÇÃO DO NOVO AEROPORTO.....	22
3.1	Necessidades Consideradas.....	22
3.2	Sítio Aeroportuário.....	23
3.2.1	Critérios gerais.....	24
3.2.2	Escolha do sítio aeroportuário	24
3.2.3	Estudos preliminares	26
3.2.4	Estudos de impactos ecológicos	27
3.2.5	Restrições do uso do solo	28
3.2.6	Anemograma	29
3.2.7	Topografia	32
4	ELABORAÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO	35
4.1	Aeronaves e Comprimento de Pista	35
4.1.1	Aeronave de projeto	35
4.1.2	Comprimento de pista.....	37
4.2	Geometria do Lado-Ar	39
4.2.1	Orientação e numeração das pistas.....	39
4.2.2	Definição do comprimento	40
4.2.3	Classificação da pista	41
4.2.4	Geometria das pistas.....	41
4.2.5	Pátio de aeronaves.....	46
4.2.6	Baias de espera	46
4.2.7	Pistas de táxi	47
4.3	Zonas de Proteção do Aeroporto	58
4.3.1	Altimetria.....	59
4.3.2	Principais restrições.....	60
4.3.3	Restrições de uso do solo	60
4.4	Pátio de Estacionamento de Aeronaves	61
5	CONCLUSÕES	63
	APÊNDICE A - ANEMOGRAMA E DIREÇÃO DA PISTA.....	66
	APÊNDICE B – PLANTA GERAL.....	72
	APÊNDICE C – PLANO BÁSICO DE ZONEAMENTO DE PROTEÇÃO	73

APÊNDICE D – PLANO BÁSICO DE ZONEAMENTO DE RUÍDO	74
APÊNDICE E – PERFIS LONGITUDINAIS	75
APÊNDICE F – FOTOS AÉREAS DO SÍTIO	76

1 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo pesquisar e identificar, por meio de recursos computacionais e com auxílio de Modelos Digitais de Elevação (DEM's), uma área no entorno da Região Metropolitana de Porto Alegre adequada à implantação de um grande aeroporto e desenvolver uma proposta de configuração geométrica do lado-ar para o novo complexo aeroportuário.

2 AEROPORTO INTERNACIONAL SALGADO FILHO

2.1 Histórico do Aeroporto

O Aeroporto Internacional Salgado Filho passou por diversas obras de ampliação, recuperação, drenagem e pavimentação durante os últimos 60 anos, com o objetivo de atender a demanda e melhorar a sua funcionalidade.

Em 1974 a INFRAERO assumiu a administração e a operação do aeroporto realizando, a partir de então, uma série de investimentos nos diversos sistemas para melhorar o complexo e atender a demanda. Sequencialmente, foram realizadas ampliações nos terminais de passageiros, pistas, pátios e estacionamento de veículos para comportar o movimento crescente no aeroporto.

O atual Aeroporto de Porto Alegre, Figura 1 e Figura 2, possui 3,8 milhões de metros quadrados de área com uma pista de pouso com 2 280 metros de comprimento e 42 metros de largura, identificada pelas cabeceiras 11 e 29. Ainda de acordo com as informações do site da INFRAERO, o complexo possui 25 posições de parada de aeronaves, distribuídas ao longo de um pátio de 142 750 m².



Figura 1 – Complexo do Aeroporto Internacional Salgado Filho

Fonte: imagem do Google Earth

Após a construção do segundo terminal de passageiros, em setembro de 2001, o complexo totalizou 59 posições de estacionamento de aeronaves alcançando ao final de 2003, um total de 53 332 movimentos de aeronaves, e, de acordo com a Tabela 1, movimentação de aproximadamente 2,9 milhões de passageiros.

Com o desenvolvimento da região, a demanda do aeroporto cresceu consideravelmente atingindo em 2011 aproximadamente 100 mil movimentos de aeronaves, somados voos domésticos e internacionais. Esse aumento de movimentos no período de 2003 à 2011 consolidou um crescimento médio de 8,12% ao ano.

Tabela 1 – Movimento do Aeroporto Internacional Salgado Filho

Ano	Movimentação Aeroporto de Porto Alegre								
	Aeronaves (acrft)			Passageiros (pax)			Carga (kg)		
	Doméstico	Internacional	Total	Doméstico	Internacional	Total	Doméstico	Internacional	Total
2003	47 648	5 684	53 332	2 712 980	167 700	2 880 680	24 893 616	10 508 544	35 402 160
2004	50 209	7 531	57 740	2 950 906	264 639	3 215 545	23 742 135	13 282 554	37 024 689
2005	48 013	7 754	55 767	3 267 697	253 507	3 521 204	22 216 208	14 688 517	36 904 725
2006	51 068	8 395	59 463	3 552 600	293 908	3 846 508	19 660 969	9 271 084	28 932 053
2007	58 436	10 391	68 827	4 077 031	367 717	4 444 748	23 865 022	7 446 233	31 311 255
2008	61 423	11 022	72 445	4 533 258	398 206	4 931 464	21 666 981	3 562 821	25 229 802
2009	69 322	9 782	79 104	5 256 133	351 570	5 607 703	19 510 974	2 306 338	21 817 312
2010	80 663	9 962	90 625	6 227 568	448 648	6 676 216	14 969 515	4 666 776	19 636 291
2011	88 522	11 061	99 583	7 266 332	567 980	7 834 312	22 971 274	5 039 446	28 010 720

Fonte: (INFRAERO, 2012)

Segundo a INFRAERO, com o intuito de aumentar a capacidade do aeroporto, estão previstas para o aeroporto: a reforma e ampliação do terminal de passageiros e do pátio de aeronaves para serem concluídas em dezembro de 2013, e a ampliação da pista de pouso e decolagem, com previsão de término para março de 2014.

Em janeiro de 2012 foi inaugurado o Módulo Operacional para ampliar a capacidade de atendimento do check-in e das salas de embarque. A Tabela 2 apresenta os dados referentes às capacidades instaladas no ano de 2011 e às previsões de capacidade considerando as novas instalações para o ano de 2014.

Tabela 2 – Capacidade instalada e previsões com as obras de ampliação

Dados operacionais	2011	2014
Terminal de passageiros (m ²)	37 600	60 300
Capacidade do terminal (milhões de pax/ano)	13,0	18,8
Demanda (milhões de pax/ano)	7,8	8,8
Pátio de aeronaves (m ²)	157 930	197 130

Fonte: (INFRAERO, 2012)

Assim como a maioria dos demais aeroportos do país, a região próxima ao Aeroporto Salgado Filho se tornou atrativa e o seu entorno foi completamente ocupado. Com efeito, as expansões para ampliação de pistas, pátios e terminais estão limitadas e deixam de ser soluções atrativas, uma vez que seriam necessários investimentos expressivos para a desapropriação da área.



Figura 2 – Visão geral do Aeroporto Salgado Filho

Fonte: imagem do Google Earth

A Figura 3 e a Figura 4 apresentam gráficos com a evolução da movimentação de aeronaves e da movimentação de passageiros desde 2003, respectivamente.



Figura 3 – Gráfico do histórico de movimentos de aeronaves



Figura 4 – Gráfico do histórico de movimentação de passageiros

A implantação de um novo complexo logístico próximo à região metropolitana de Porto Alegre é um assunto que vem ganhando força não só no cenário regional, mas também

nos meios de circulação nacionais. A seguir são apresentadas notícias que evidenciam o presente estado das tratativas e do andamento para a implantação do novo complexo aeroportuário.

PORTO ALEGRE, RECIFE E SALVADOR PRECISARÃO DE NOVO AEROPORTO DIZ INFRAERO

A INFRAERO – estatal que administra os aeroportos brasileiros – prevê que Salvador (BA), Recife (PE) e Porto Alegre (RS) precisarão de novos terminais dentro de dez anos, afirmou nesta quinta-feira o presidente da empresa, Gustavo do Vale. Segundo ele, nesse mesmo prazo, os aeroportos de Curitiba (PR) e Confins (MG) terão de ampliar sua capacidade, com novas pistas, por exemplo.

Vale disse que, pessoalmente, acha que um eventual novo aeroporto em Porto Alegre poderia ser desenvolvido juntamente com a iniciativa privada, mas afirmou que não há estudos no governo nesse sentido. “Passou da hora de ter outro aeroporto na região metropolitana de Porto Alegre”, disse o executivo, que participou nesta quinta-feira de audiência pública na Comissão de Infraestrutura do Senado. (Porto Alegre, Recife e Salvador precisarão de novo aeroporto, diz INFRAERO, 2012)

GOVERNO FEDERAL TEM INTERESSE EM NOVO AEROPORTO NA GRANDE PORTO ALEGRE

Presidente da INFRAERO, Antônio do Vale, manifestou ao secretário Beto Albuquerque em Brasília nesta quinta (15) o interesse do Governo Federal em executar o projeto do Aeroporto 20 de Setembro, na Região Metropolitana, como alternativa ao Salgado Filho.

O encontro teve como objetivo atualizar informações sobre a ampliação do Salgado Filho, e também iniciar as tratativas para construção de um novo aeroporto metropolitano.

“A decisão da INFRAERO de assumir e antecipar – para no máximo dois anos - o projeto do novo aeroporto proposto pelo Estado, é uma vitória da aviação gaúcha”, disse Beto. Durante a audiência, ele reafirmou que o esgotamento do Salgado Filho, o maior do Estado, se dará em até 10 anos.

“Uma das maiores dificuldades de se aumentar a pista do atual aeroporto está na remoção de mais de 2 mil famílias que vivem no seu entorno. Se queremos um novo aeroporto dentro de seis anos, esta é a hora de começarmos a tirá-lo do papel”, argumentou.

O secretário entregou ao presidente documentação com informações relativas a área proposta para instalação do 20 de Setembro, que fica entre os municípios de Nova Santa Rita e Portão, ao lado da BR-386 e da futura BR-448 (Rodovia do Parque). O Terreno de 1,6 mil hectares já foi decretado de utilidade pública em

setembro de 2011 pelos prefeitos dos dois municípios para esta finalidade. (SIMON, 2012).

INFRAERO ACENA COM DEFINIÇÃO DE NOVO AEROPORTO NA CAPITAL

Em evento no Rio de Janeiro, (...), o presidente da INFRAERO, Gustavo do Vale, ao falar do modelo de concessão de aeroportos no país, admitiu que podem ser autorizados novos terminais no país, citando especificamente, Porto Alegre. “podem vir autorização de novos aeroportos comerciais, inclusive em áreas metropolitanas, como Porto Alegre, para a aviação geral e comercial”.

No rio Grande do Sul, existe uma proposta de construir um aeroporto internacional no município de Nova Santa Rita. (Infraero acena com definição de novo aeroporto na Capital, 2012)

Além das questões apresentadas nas reportagens sobre as condições do Aeroporto Salgado Filho, cabe ressaltar que a cabeceira 11 foi recuada de cerca de 300 metros para operações de pouso reduzindo o comprimento de pista declarado para 1980 m. O motivo seria atender às especificações do PBZP – Plano Básico de Zoneamento de Proteção do aeródromo, por conta de um viaduto sobre a Avenida das Nações.

Nos subitens seguintes são apresentadas as características de operação do atual aeroporto, com o mix de aeronaves segundo o HOTRAN, uma projeção de demanda evidenciando as condições para os próximos anos, e o histórico de fechamento do aeroporto caracterizando as condições climáticas da região e a influência das mesmas nas operações.

2.2 MIX de Aeronaves do Salgado Filho

Com base nos dados do HOTRAN – horário de transporte, foram contabilizados os movimentos diários que operam De e Para o aeroporto de Porto Alegre. Em seguida, foram verificadas quais as principais cidades origem/destino e os resultados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – MIX de aeronaves e principais origens/destinos do Aeroporto Salgado Filho

Aeronave	Operações diárias	Principais Origens/Destinos	Aeroportos
B738	71	SBGR/SBGL/SUMU	Guarulhos/Galeão/Montevidéo
A320	58	SBSP/SBBR/SBGR	Congonhas/Brasília/Guarulhos
E190	51	SBKP/SBCT	Viracopos/Curitiba
B763	24	SBKP/SBGL/KMIA	Viracopos/Galeão/Miami
B733	24	SBGR/SBFL	Guarulhos/Florianópolis
L410	14	SBRG/SBPK	Rio Grande/Pelotas
B737	13	SBSP/SABE/MPTO	Congonhas/Buenos Aires/Panamá
F100	7	SBGR	Guarulhos
A321	7	SBGR	Guarulhos
B772	6	SBKP/SAEZ	Viracopos/Buenos Aires
A332	5	LPPT	Lisboa
CRJ9	4	SUMU	Montevidéo
A319	4	SBSP	Congonhas
AT43	2	SBCM	Criciúma
E170	2	SBFI	Foz do Iguaçu
AT72	2	SBFI	Foz do Iguaçu
B722	2	SBGR	Guarulhos

Fonte: dados do HOTRAN (19/09/2012)

Analisando os dados apresentados na Tabela 3 e demais informações contidas no HOTRAN, verifica-se que as aeronaves modelo B777-200 operam rotas internacionais em operações de transporte de cargas e as aeronaves B767-300 e A330-200 operam rotas internacionais tanto em operações de transporte de carga como de passageiros. Essas aeronaves são as mais críticas do atual frota do Salgado Filho, com as rotas mais distantes.

2.3 Projeção da demanda

Como o objetivo deste trabalho não é o desenvolvimento de uma projeção de demanda para a região, contenta-se analisar a Tabela 4, retirada do estudo de Demanda Detalhada dos Aeroportos Brasileiros (IAC, 2005), e verificar que a demanda real para 2010 estava entre os cenários médio e otimista e que o crescimento observado de 2010 para 2011 foi superior ao crescimento médio previsto para o cenário otimista. Além disso, a taxa de crescimento prevista em 2005 é inferior à taxa de crescimento observada ao longo dos últimos anos. Consequentemente, a tendência do aeroporto é, em 2025, alcançar a previsão de demanda média do Instituto de Aviação Civil (IAC) como pode ser visto na Figura 5.

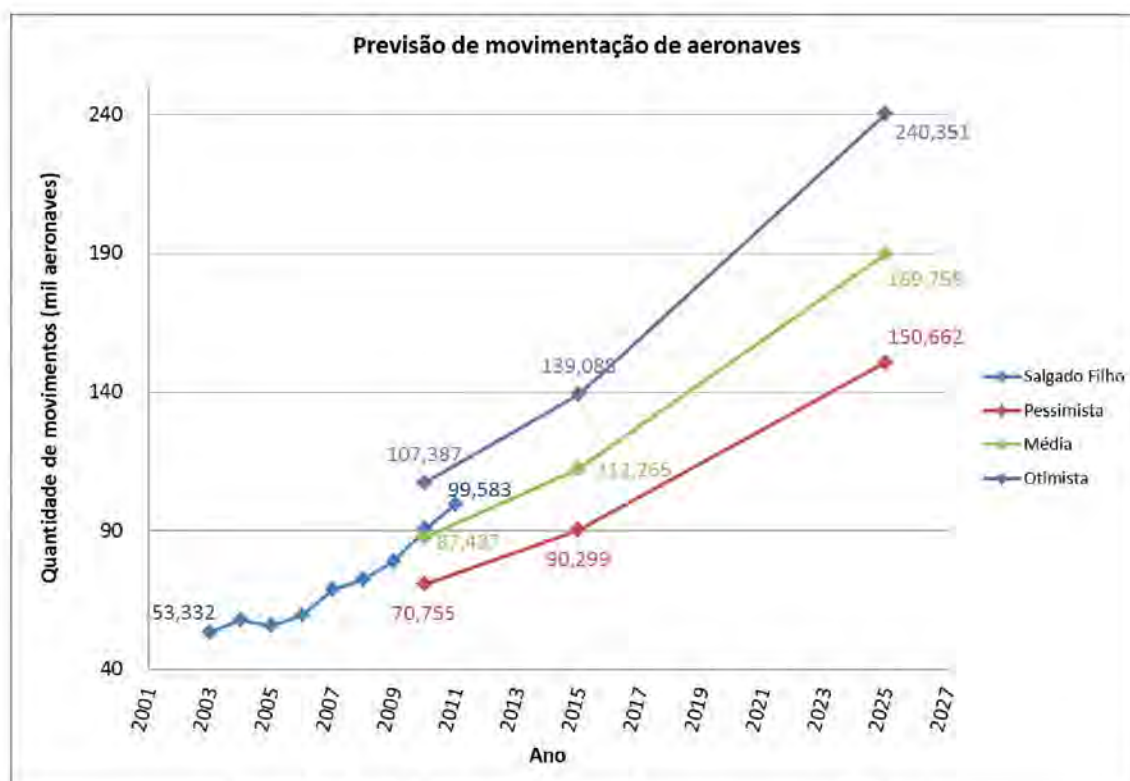


Figura 5 – Previsão de movimentos de aeronaves segundo IAC

Tabela 4 – Projeção de movimento de aeronaves para SBPA

Ano	Pessimista	Média	Otimista
2010	70 755	87 487	107 387
2015	90 299	112 265	139 088
2025	150 662	189 759	240 351

Fonte: (IAC, 2005)

2.4 Histórico de Fechamento do Aeroporto

O Aeroporto Salgado Filho está situado em uma região com ocorrência de nevoeiros, principalmente nos meses de junho e julho. De acordo com o Relatório de Restrições Operacionais Meteorológicas obtido através da REDEMET (COMAER), a estação meteorológica do aeroporto registrou 552 fechamentos no período de 2002 a 2006, com média de duração de 3 horas por ocorrência. Foram consideradas que as restrições operacionais meteorológicas são as condições de tempo que impossibilitam os procedimentos de pouso e decolagem, caracterizadas, para o Salgado Filho, por visibilidade inferior a 800 m e/ou nebulosidade inferior a 200 pés.

Os fechamentos por conta de restrições operacionais meteorológicas apresentados representaram 3,86% do período considerado. A fim de reduzir essa porcentagem de fechamentos vê-se a necessidade de implantar no novo aeroporto um sistema de aproximação

instrumentada de precisão mais precisa do que a do atual aeroporto Salgado Filho com o intuito de evitar o fechamento do novo aeroporto, permitindo o funcionamento em condições extremas de nevoeiros e fornecer aos pilotos que pousam no atual aeroporto de Porto Alegre uma opção em caso de fechamento deste.

3 LOCALIZAÇÃO DO NOVO AEROPORTO

A localização do sítio aeroportuário é uma das mais importantes decisões a serem tomadas durante o planejamento de implantação de um novo aeroporto. Encontrar uma localização ideal é praticamente impossível. Consequentemente, busca-se a opção que gere o mínimo de inconvenientes para a construção e operação do aeroporto.

De acordo com o *Airport Planning Manual* (ICAO, 1987), a seleção de um novo sítio aeroportuário inicia com a determinação do propósito do aeroporto. Com o propósito definido, são determinados o formato e a área necessária. A partir de então, deve-se estabelecer a localização com potencial para desenvolvimento e elaborar estudos complementares que permitam a completa caracterização do sítio.

3.1 Necessidades Consideradas

Para a determinação do novo sítio aeroportuário foi levado em consideração que existe uma necessidade de revitalização do transporte aéreo de cargas na região e que o Aeroporto Salgado Filho não terá condições de suportar a demanda para os próximos anos. Consequentemente, o novo aeroporto de Porto Alegre deverá suportar as aeronaves cargueiras de grande porte e possuir um terminal de passageiros e de cargas totalmente integrado com o sistema viário próximo.

Em termos de planejamento, a área destinada ao novo aeroporto deverá possibilitar expansões futuras e, principalmente, a construção de uma segunda pista, separada por distância suficiente para que o sistema de pistas possa operar de forma independente, pousos e decolagens simultâneos.

Por estar localizada em uma região propícia à ocorrência de nevoeiros, foi adotada como premissa a implantação de pista de pouso com sistemas de pouso por instrumento (ILS) CAT II, possibilitando operações até uma altura de decisão de 30 m e alcance visual horizontal de até 400 m.

Como última consideração para o projeto foi levantada a questão que existe uma preocupação em torno da operação das novas aeronaves de grande porte, como o A380, por conta de restrições geométricas dos aeroportos. No Brasil a operação dessas aeronaves acarreta diversas restrições, por exemplo, em Guarulhos e Brasília, por conta do distanciamento entre as pistas de pouso e as pistas de táxi paralelas e demais distâncias entre objetos, pistas de táxi, posições e etc.

Com efeito, apesar de não desenvolver a proposta tendo o A380 como aeronave de projeto, foram realizadas considerações a este respeito, que pouco interferem no dimensionamento por estar em fase de projeto, mas que possibilitam que o novo aeroporto possa receber futuramente aeronaves de maior porte sem restrições. Além disso, adotando o dimensionamento geométrico com afastamentos condizentes para uma aeronave 4F as expansões futuras necessárias para total atendimento das novas aeronaves ficam facilitadas, sendo necessária apenas uma readequação da geometria dos pavimentos.

3.2 Sítio Aeroportuário

Neste estudo, a possível localização do aeroporto já pode ser imaginada, uma vez que a malha viária se concentra ao norte do atual Aeroporto e que já existe uma área de 2 500 hectares, determinada pelo Departamento Aeroportuário da SEINFRA do Rio Grande do Sul, destinada à desocupação para implantação de um novo complexo logístico, envolvendo o novo aeroporto. Como o intuito deste trabalho é fornecer uma opção de projeto geométrico do lado-ar e enriquecer as atuais condições de planejamento para o novo aeroporto, a localização indicada pela SEINFRA foi adotada como ponto inicial da busca pelo sítio. Com essa determinação buscou-se dentro da área pré-selecionada o melhor posicionamento das pistas que atenda as exigências para compor um complexo logístico.

A seguir são apresentados os principais itens relevantes considerados para a determinação do sítio aeroportuário, entre eles: os critérios gerais, os estudo preliminares que precisam ser elaborados posteriormente, as principais restrições para a implantação, além das condições de ventos e de topografia.

3.2.1 Critérios gerais

Com base no livro *Planning and Design of Airports* (HORONJEFF e MCKELVEY, 2010), são listados a seguir os principais critérios gerais para a escolha do sítio aeroportuário quando se trata da relação do aeródromo com seu entorno:

- Proximidade ao centro gerador de demanda;
- Vizinhança despovoadas, mas com potencial de se tornar rentável;
- Acessibilidade aos serviços públicos (água, energia, telefone, etc);
- Facilidade para obtenção de materiais de construção e mão-de-obra;
- Área plana, baixa altitude e temperatura média;
- Solo com capacidade de suporte e condições de drenagem adequadas;
- Condições meteorológicas e de ventos compatíveis;
- Espaço aéreo desobstruído e com possibilidade de expansão.

A busca por todos esses fatores se torna inviável, uma vez que alguns deles são conflitantes e dificilmente alcançados simultaneamente. Com efeito, buscou-se para o novo aeroporto de Porto Alegre uma situação que potencializasse as necessidades consideradas no item 3.1, enfocando nas possibilidades de expansões futuras e compatibilização com a malha viária.

3.2.2 Escolha do sítio aeroportuário

Para a escolha da área de implantação para o novo aeroporto foi selecionada uma área de 11 500 hectares envolvendo a região de 2 500 hectares previamente indicada pela SEINFRA. Essa área pré-selecionada engloba todo o entorno, incluindo parte das cidades de Esteio e São Leopoldo, bem como rodovias e rios que cortam a região.

O intuito de uma seleção abrangente é verificar qual o melhor posicionamento e configuração geométrica adequada para a implantação das pistas e do complexo aeroportuário. Com uma visão mais geral da região é possível posicionar o aeroporto de acordo com o restante dos complexos envolvidos, reduzindo os desgastes futuros com readequações e construção de infraestrutura rodoviária. A Figura 6 apresenta a área considerada para o estudo.



Figura 6 – Área pré-selecionada para estudo de implantação

Fonte: imagem do Google Earth

Com a área pré-selecionada, apresentada na Figura 6, buscou-se um Modelo Digital de Terreno com uma precisão mínima para realizar a avaliação das condições topográficas para a seleção da área final. A Figura 7 apresenta uma imagem isométrica do Modelo Digital de Terreno, com resolução de 90 m, obtido no site da *MapMart* (MAPMART, 2012), representado com uma exageração vertical de cinco vezes.

Cabe ressaltar que a obtenção de uma malha mais detalhada e precisa é financeiramente inviável em se tratando de uma proposta de projeto com cunho acadêmico como esta, além de que o tempo de preparo de uma malha mais detalhada com uma área dessa magnitude ultrapassava o prazo de conclusão deste trabalho.

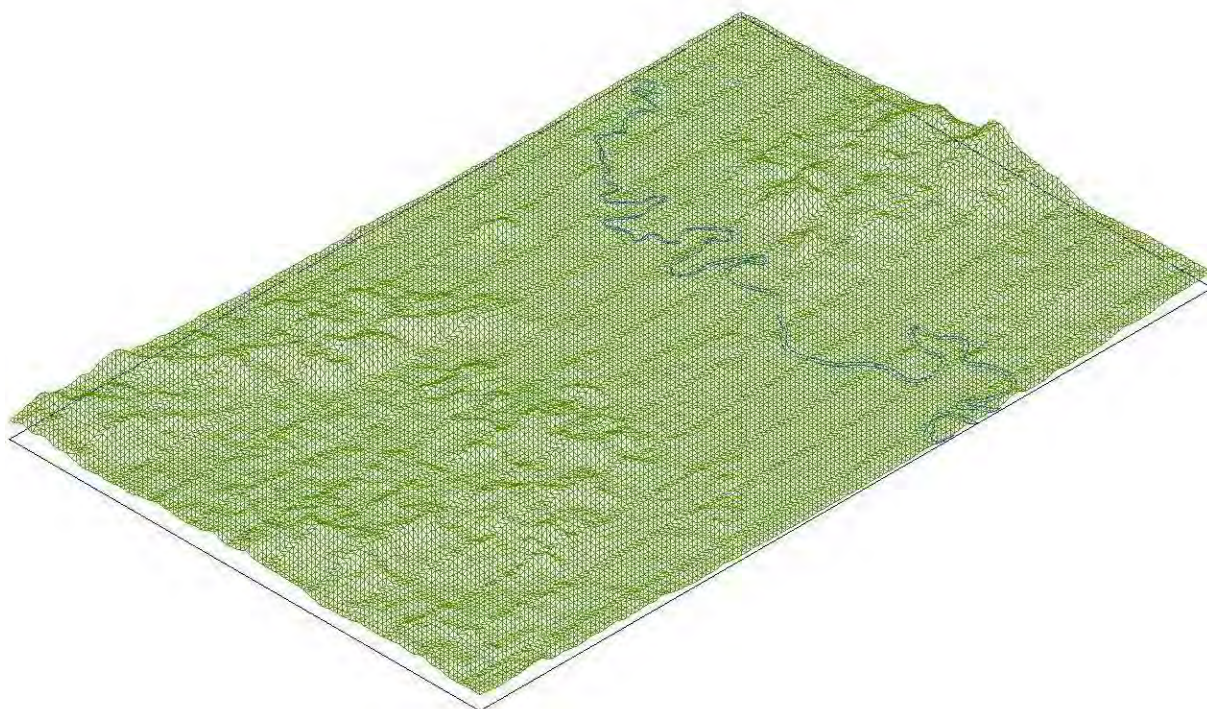


Figura 7 – Imagem isométrica do Modelo Digital de Terreno

Apesar de a área próxima ao rio, Figura 7, ser plana não é recomendável a implantação de aterros em áreas muito próximas a várzeas de rios por conta dos problemas de solo expansível e condições de nível d'água variável que aumenta consideravelmente o custo da obra devido aos custos de estabilização desse material. As demais áreas, apesar da ocorrência dos acidentes topográficos, estão em baixas altitudes e atendem alguns dos fatores considerados no *Planning and Design of Airports* (HORONJEFF e MCKELVEY, 2010).

Em termos de localização, o sítio aeroportuário considerado está a 6,1 km da BR-448, 23,6 km da Ferrovia Norte, 14,1 km da Ferrovia Oeste, 9,8 km do Rio Caí, 1,0 km do Rio dos Sinos e 15,8 km do Rio Jacuí.

Além do posicionamento privilegiado em termos da malha rodoviária, o sítio selecionado dista 27 km do centro de Porto Alegre e 19 km do Aeroporto Salgado Filho. A área pré-selecionada foi avaliada em função da topografia e do regime de ventos da região, a fim de serem determinadas as posições das pistas e a área definitiva do sítio para a proposta em questão.

3.2.3 Estudos preliminares

Para finalizar a escolha do sítio aeroportuário é recomendada a análise de fatores que afetam direta e indiretamente a implantação do aeroporto. Os fatores apontados como

relevantes e o método de obtenção desses fatores, de acordo com o *Airport Planning Manual* (ICAO, 1987), são:

- Atividade aeronáutica: realizar consultas com operadores de aeroportos e com organizações de pilotos, verificar potenciais operadores;
- Desenvolvimento das áreas do entorno: contatar agências e autoridades de planejamento para obter os planos de utilização da terra;
- Condições atmosféricas: verificar as condições atmosféricas da região, como geradores de fumaça ou poeira que possam prejudicar a visibilidade e a capacidade de operação do aeroporto. Verificar ainda ocorrência de condições atmosféricas adversas como ventos, nevoeiros, chuvas, neve, turbulência, etc;
- Acessibilidade: verificar a malha viária e projetos de implantação de rodovias e demais modais de transporte próximos;
- Disponibilidade de áreas para expansão e implantação no novo aeroporto: consultar o plano diretor aeroportuário para verificar qual o planejamento e as diretrizes para a região;
- Topografia: verificar fatores que afetem no custo de construção como escavações, aterros, drenagem e solos pobres;
- Entorno: verificar a existência de áreas de preservação e incidência de rotas de aves migratórias na região, verificar presença de escolas e hospitais;
- Presença de outros aeródromos: verificar a existência de outros aeroporto e rotas de aeronaves e futuras previsões de mudanças;
- Serviços públicos: verificar a acessibilidade aos serviços públicos básicos para a construção e operação do aeroporto, como água, eletricidade, gás, serviço de telefonia, etc.

3.2.4 Estudos de impactos ecológicos

Além dos documentos de estudos preliminares contendo fatores que influenciam na implantação do aeroporto devem ser elaborados estudos de impacto ambientais que mensuram as alterações que o aeroporto vai gerar no seu entorno durante os seus períodos de projeto, implantação e operação. Por se tratar de uma proposta de projeto, o EIA e o RIMA não foram elaborados. Contudo, a seguir são apresentados os principais impactos ecológicos e uma breve descrição de cada um dos fatores relevantes:

- Poluição do ar: a principal questão envolvida quanto à poluição aeronáutica está relacionada com a falta de estudos dos impactos causados por aeronaves em altas altitudes, de modo que não se sabe ao certo a influência do NO liberado pelas turbinas na camada de ozônio, ou seja, a preocupação com a poluição aeronáutica não está relacionado com a escolha do sítio aeroportuário;
- Poluição da água: os principais problemas estão relacionados com a falta de medidas preventivas para tratamento de água e de disposição de materiais contaminantes como óleo de motores e o próprio combustível das aeronaves. Pátios de aeronaves e principalmente hangares de manutenção de aeronaves devem contar com sistemas de drenagem e de captação de material contaminante para evitar que os dois escoem juntos;
- Modificação do regime hidrológico: as operações de terraplenagem e de pavimentação alteram de forma significativa a infiltração do solo e provocam concentração de fluxos de modo que as áreas de contribuição se tornem maiores. Como consequência surge o risco de erosões e perda da qualidade das águas;
- Impacto sobre a fauna e flora: por abranger uma área extensa devem ser previstas áreas de preservação e programas de recuperação da vegetação devastada bem como da fauna que foi obrigada a migrar da região;
- Perigo aviário: a presença de aves no entorno das zonas de aproximação de aeroportos são umas das maiores causas de incidentes aeronáuticos, sendo o desenvolvimento de técnicas que reduzem a atração de aves um importante fator para a segurança do aeródromo;
- Poluição sonora: o ruído aeronáutico é atribuído, principalmente, ao barulho dos jatos de ar das turbinas e às partes móveis dos motores. O incômodo causado por esse ruído depende da duração de exposição, da intensidade, da frequência, horário e de elementos propagadores e atenuadores. O problema possui duas maneiras, que têm se apresentado eficientes, de reduzir os seus efeitos, um é o avanço da tecnologia aeronáutica, produzindo motores e turbinas mais silenciosas, e o outro é a inserção de barreiras sonoras, vegetais e artificiais, nos entornos dos aeroportos.

3.2.5 Restrições do uso do solo

Outra preocupação significativa no processo de implantação do aeródromo, e que está relacionada com a prevenção de alguns dos problemas do item 3.2.4, são as restrições do uso

do solo no entorno do aeroporto. O PBZR – Plano Básico de Zoneamento de Ruído RBAC 161 (ANAC, 2011) determina as curvas isofônicas estabelecendo as possíveis formas de utilização do solo a determinadas distâncias do aeroporto.

O PBZP do aeródromo é apresentado no APÊNDICE C, onde são consideradas as intersecções das zonas de proteção das duas pistas. A imagem de fundo da planta permite visualizar a influência das zonas de proteção do aeródromo nas cidades vizinhas.

3.2.6 Anemograma

Com a finalidade de determinar a área final para a implantação do aeródromo é necessário verificar as condições de ventos na região. Uma vez que a pista de pouso, normalmente a maior dimensão do aeroporto, é fator principal para a determinação da área de implantação, inicia-se o projeto com a determinação da direção e do comprimento necessário da pista de pouso de decolagem.

Segundo o RBAC 154 (ANAC, 2012), para fins de planejamento, recomenda-se que a orientação das pistas de pouso seja tal que contemple 95 % das operações do aeródromo das aeronaves para as quais o aeroporto foi concebido. De acordo com essa recomendação da ANAC procura-se inicialmente uma orientação para uma única pista principal e no caso de não poderem ser atendidos os 95 % de utilização, recomenda-se a implantação de um sistema de pistas com orientações distintas de modo a atingir, em conjunto, a porcentagem adequada.

Ainda de acordo com o RBAC 154 (ANAC, 2012), não ocorrerão operações de pouso e decolagem se o valor da componente transversal do vento for superior a:

- 37 km/h (20 kt) para aeronaves cujo comprimento de pista de referência for superior ou igual a 1500 m;
- 24 km/h (13 kt) para as aeronaves cujo comprimento de pista de referência estiver compreendido entre 1200 e 1500 m;
- 19 km/h (10 kt) para aeronaves cujo comprimento de pista de referência for inferior a 1200 m.

Para verificar essas condições, foi utilizado o anemograma, que é uma representação gráfica da frequência de direção e velocidade do vento. A metodologia aqui adotada consiste no posicionamento de uma faixa com dimensão correspondente a intensidade máxima permissível de ventos transversais sobre o anemograma, de modo a buscar a posição que deixe descoberto as menores porcentagens de ocorrência de ventos.

Para obter as informações de direção e velocidade dos ventos foram pesquisadas as principais estações de coletas de dados próximas à região pretendida, sendo a estação do Aeroporto Salgado Filho a mais próxima e confiável. As estatísticas apresentadas são baseadas em observações diárias, coletadas a cada hora, das 7 da manhã às 7 da noite durante um período de 10 anos de 2001 a 2011, fornecidas pelo ICEA. A Tabela 5 apresenta os dados para este período.

Tabela 5 – Dados percentuais de velocidade e direção de ventos da estação de Porto Alegre

Nome da Estação: PORTO ALEGRE				
Tipo de Pesquisa: Velocidade e Direção do Vento - Frequência de Ocorrência Mensal em um Intervalo de Meses				
Intervalo: Jul/2001 à Jun/2011				
Vento Calmo: 10 %				
Direção	Velocidade (kt)			
	< 10	10 a 13	13 a 20	>20
0°	3,1%	0,2%	0,1%	0,0%
45°	5,1%	0,1%	0,0%	0,0%
90°	18,9%	2,2%	1,1%	0,1%
135°	18,6%	2,7%	1,2%	0,1%
180°	8,5%	0,8%	0,4%	0,0%
225°	5,5%	0,4%	0,2%	0,0%
270°	9,5%	1,0%	0,8%	0,1%
315°	8,1%	0,8%	0,6%	0,1%

Fonte: (ICEA, 2012)

Como a restrição de operação para as aeronaves pequenas acontece com a ocorrência de ventos com intensidade maiores do que 19 km/h (10 kt), somando-se a porcentagem de ventos nessa faixa em todas as direções com a porcentagem de ventos calmos, obtêm-se 87,1% do total. Com efeito, foram testadas orientações de pistas variando de 15° em 15°, de modo a obter a Tabela 6 com a porcentagem de utilização para cada faixa.

Tabela 6 – Orientação da pista e utilização em função do vento transversal

Orientação	Utilização
0°	92%
15°	91%
30°	91%
45°	92%
60°	92%
75°	94%
90°	94%
105°	95%
120°	95%
135°	95%
150°	93%
165°	92%

No APÊNDICE A são apresentadas figuras do anemograma e do processo de busca pelas condições de utilização considerando todas as direções da Tabela 6. A partir dos dados de utilização apresentados verifica-se que existe uma faixa, entre 105° e 135°, que atende as recomendações da ANAC com grau de utilização de 95%. O anemograma da Figura 8 apresenta uma dessas possibilidades.

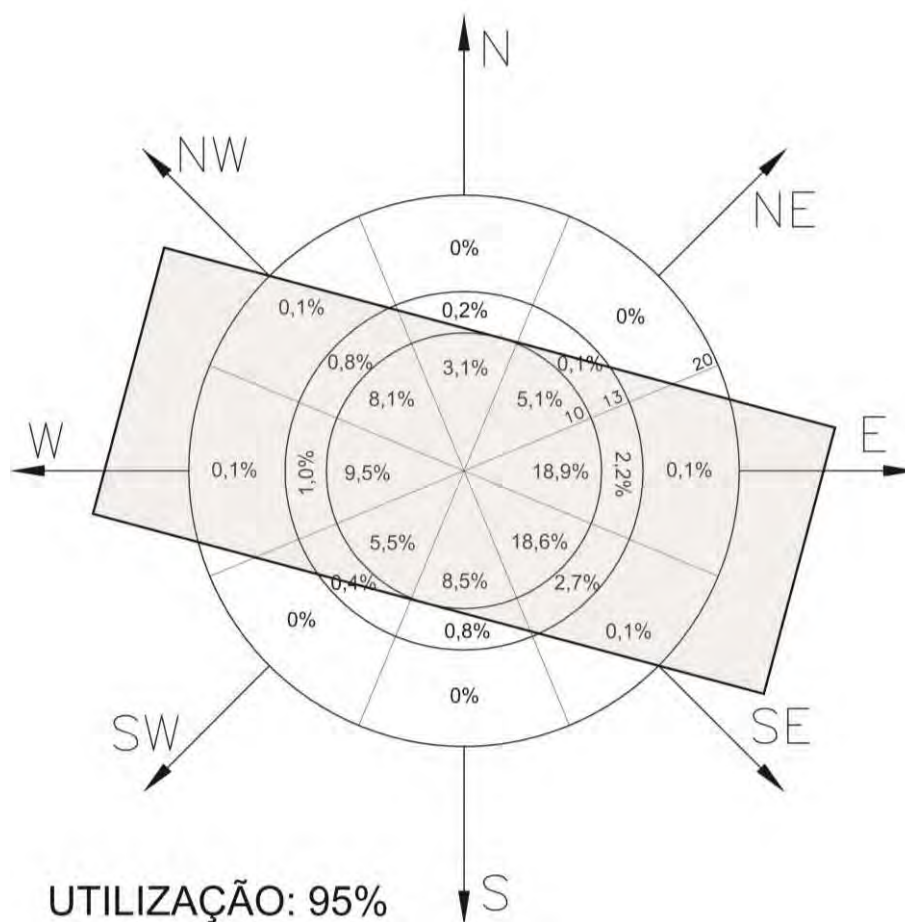


Figura 8 – Anemograma com pista orientada a 105° em relação ao Norte Geométrico

3.2.7 Topografia

Tendo como base o modelo digital de elevação, foram elaborados perfis longitudinais do terreno considerando os eixos das pistas de pouso em duas direções distintas, a 105° e a 120° em relação ao norte verdadeiro. A escolha das direções analisadas levou em consideração as orientações possíveis de acordo com os anemogramas, os planos diretores das cidades vizinhas e a interferência entre os espaços aéreos dos demais complexos aeroportuários.

O Apêndice E apresenta os quatro perfis analisados e os alinhamentos verticais considerados para cada orientação. Para que pudessem ser analisadas as condições após o final das pistas, foi considerado um alinhamento horizontal com 4000 m de comprimento, estando o eixo da pista no centro do segmento.

Quanto à localização das pistas, o seu posicionamento foi escolhido analisando a topografia da região e o posicionamento da pista em relação à área alagadiça da várzea do Rio dos Sinos. Após a escolha da posição e das orientações possíveis para a pista, realizou-se uma análise de volumes de corte e aterro por meio de triangulação de duas superfícies para escolher a melhor configuração.

Para o cálculo dos volumes de corte e aterro apresentados na Tabela 7, foram consideradas as superfícies geradas a partir dos alinhamentos verticais apresentados no Apêndice E, e a seção transversal definida de acordo com as declividades longitudinais do projeto geométrico. Além das declividades transversais da pista, do acostamento e da faixa de pista foi adotado como condição de fim da seção transversal um corte com inclinação de 14,3% que é a inclinação da faixa de transição do PBZP.

Tabela 7 – Movimentação de terra para as orientações consideradas

Orientação	Volume (m³)	
	105°	120°
Corte	7 971 067,03	8 137 313,61
Aterro	4 943 408,71	4 191 724,28
Empréstimo	3 027 658,32	3 945 589,32

Verificando a Tabela 7, vê-se que as relações entre os volumes de corte e de aterro das pistas orientadas a 105° estão mais equilibradas. Apesar da dependência direta do volume de corte e aterro com a geometria vertical da pista, em termos de geometria horizontal, a orientação da pista a 105° é mais favorável à implantação das pistas. Além disso, com base nas imagens da Figura 10 visualiza-se que a cabeceira de umas das pistas desta configuração

está dentro de um morro, e seria, portanto, necessário removê-lo quase que completamente por conta das zonas de proteção do aeródromo.

A Figura 9 apresenta a nova superfície topográfica com a implantação das pistas orientadas a 105° em relação ao norte geométrico e a Figura 10 apresenta a superfície com as pistas orientadas a 120° em relação ao norte geométrico.

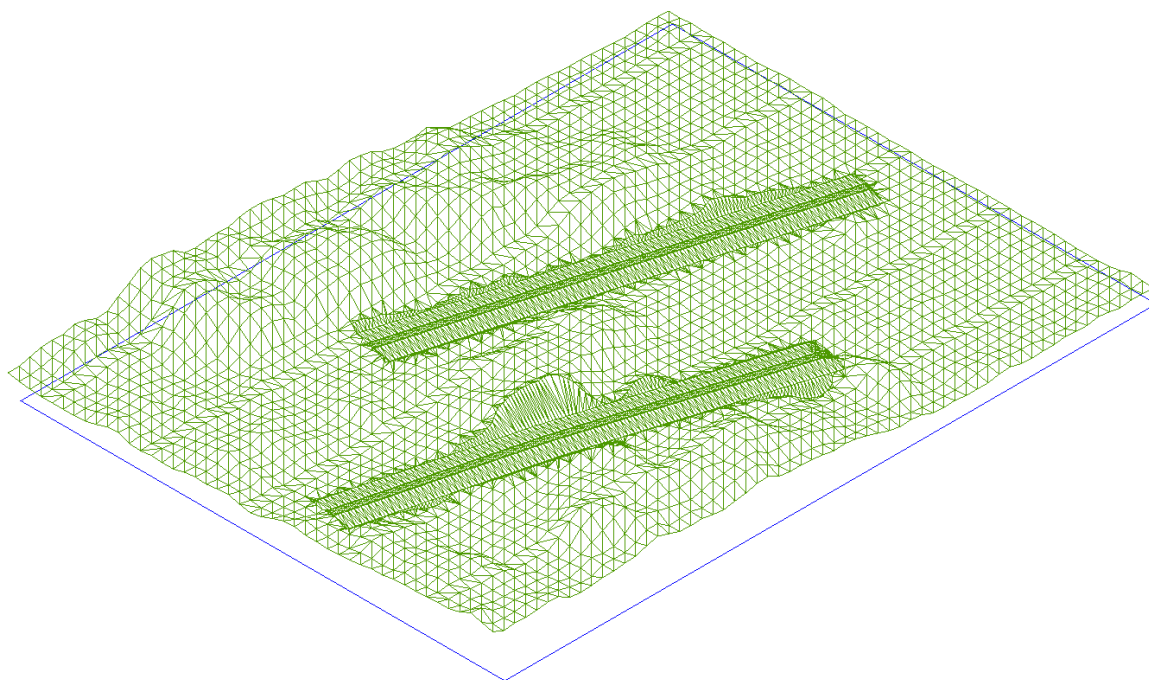


Figura 9 – Superfície com pistas orientadas a 105° em relação ao norte geométrico

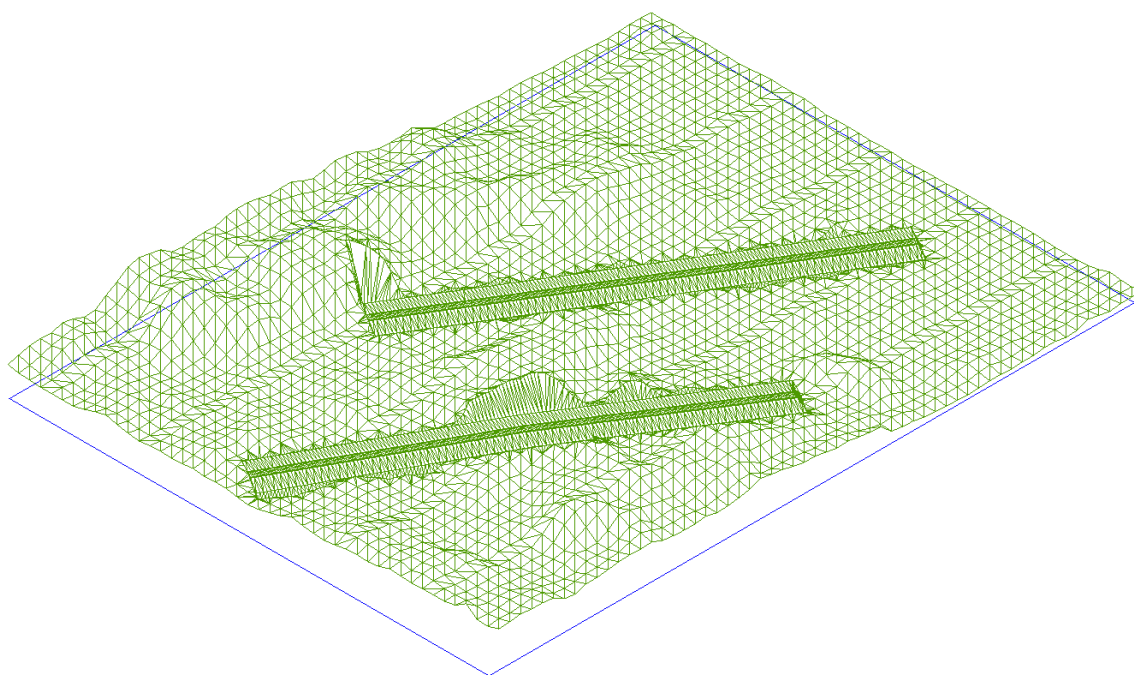


Figura 10 – Superfície com pistas orientadas a 120° em relação ao norte geométrico

No projeto geométrico para a implantação do novo aeroporto deve ser elaborado um projeto de terraplenagem completo. No qual devem ser contempladas avaliações de outras configurações, com comparação entre volumes transportados e distâncias de transporte, bem como compensações e fatores de compactação e empolamento. Mais importante ainda, devem ser elaborados projetos geométricos verticais com alinhamentos verticais distintos na busca de uma configuração que se adeque melhor à topografia do terreno.

Tendo em vista as análises de movimentação de terra realizadas com as duas orientação apresentadas e o posicionamento das zonas de proteção do aeródromo em relação às cidades do entorno optou-se pela implantação da pista a 105° com relação ao norte geométrico.

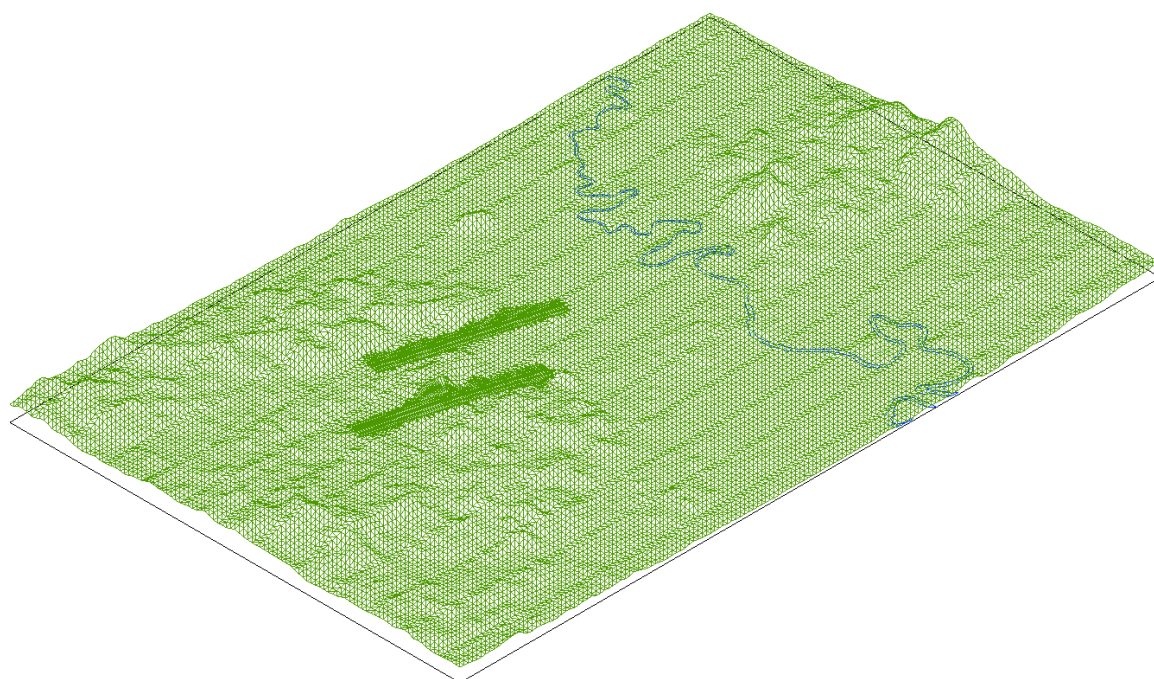


Figura 11 – Vista isométrica geral da posição das pistas

A Figura 11 traz uma representação isométrica da superfície gerada a partir do projeto geométrico das pistas de pouso onde pode ser visualizado o posicionamento das pistas em relação ao terreno apresentado anteriormente na Figura 7.

No Apêndice F são apresentadas fotos aéreas da região escolhida, evidenciando detalhes da topografia, dos rios próximos, da ocupação atual do terreno e das cidades do entorno.

4 ELABORAÇÃO DO PROJETO GEOMÉTRICO

A partir das considerações apontadas ao longo do item 3 deste trabalho foram identificadas as principais características para o novo aeroporto de Porto Alegre e deste ponto em diante a questão tratada neste trabalho será a geometria das pistas de pouso e decolagem, das pista de táxi e do pátio de aeronaves do projeto para o novo aeroporto.

A metodologia aqui empregada seguiu as recomendações do RBAC 154 (ANAC, 2012), manual de projetos de aeródromos que foi elaborado para facilitar a aplicação uniforme das especificações nacionais e internacionais para aeródromos, definindo uma metodologia brasileira para projetos de aeroportos.

4.1 Aeronaves e Comprimento de Pista

Para determinar o comprimento de pista foram listadas as aeronaves da frota que operam no Aeroporto Salgado Filho e realizadas considerações a cerca da operação de outras aeronaves no novo aeroporto. Atualmente operam, principalmente, em voos internacionais tanto de carga como comercial, as aeronaves modelos B777-200, B767-300, B737-400 e A320-200. Com o objetivo de determinar as características críticas para o planejamento das pistas foram consultadas as especificações técnicas das aeronaves citadas. Como resultado dessa análise, nos subitens seguintes, foram determinadas a aeronave de projeto, e em seguida o comprimento da pista.

4.1.1 Aeronave de projeto

A determinação da geometria do aeroporto está relacionada com diversas dimensões das aeronaves que ali operam. A seguir, são listadas as principais características das aeronaves e suas relações com a geometria do aeroporto de modo que se possam estabelecer parâmetros para selecionar a aeronave de projeto:

- Comprimento de pista: potência/peso e projeto da asa;
- Largura da pista: bitola e envergadura;
- *Fillets*: base e bitola;
- Acostamento: posição da turbina mais externa;
- Separação: envergadura e comprimento da aeronave;
- Gradiente de pista: trem de pouso e velocidade da aeronave;

- *Gates*: envergadura;

A Figura 12 traz um esquema simplificado de uma aeronave e a indicação dessas características.

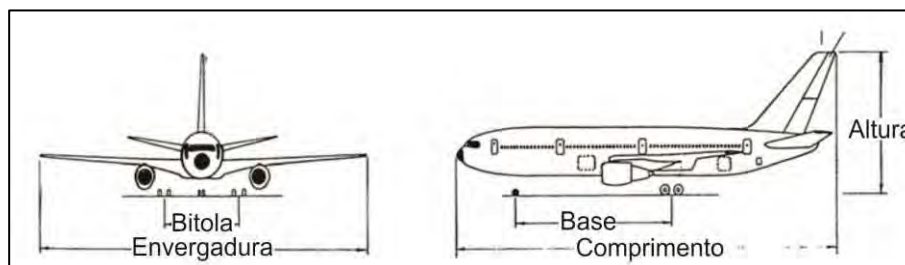


Figura 12 – Principais características das aeronaves para o projeto geométrico

Com base nas especificações presentes nos manuais *Airplane Characteristics for Airport Planning* das aeronaves B777 (BOEING, 2009), B767 (BOEING, 2005), B737 (BOEING, 2005), A320 (AIRBUS, 2012), A330 (AIRBUS, 2012) e A380 (AIRBUS, 2011), foram selecionadas as características relevantes e as mesmas são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Principais características das aeronaves para o projeto geométrico

Aeronave	Envergadura (m)	Comprimento (m)	Base (m)	Bitola (m)	PMD (ton)	PMA (ton)
A320-200	34,1	37,6	12,6	7,6	73,5	64,5
B737-800	34,3	39,5	15,6	5,7	70,5	65,4
B767-300	47,6	54,9	22,8	9,3	156,5	136,1
A330-300	60,3	63,7	25,4	10,7	230,0	182,0
B777-200	64,8	63,7	25,9	11,0	347,5	223,2
A380-800	79,8	72,6	30,2	12,5	560,0	386,0

Analizando a Tabela 8, excetuando-se o A380, verifica-se que a aeronave modelo B777 possui as principais características críticas relativas ao projeto geométrico e, portanto o B777-200 foi adotado como aeronave de projeto. Apesar da evidente caracterização do B777 como aeronave crítica e considerando o tráfego doméstico regular no Brasil, as aeronaves modelo B737 e A320 representam uma porcentagem significativa das operações sendo necessário, portanto, levar em consideração algumas características dessas aeronaves, como por exemplo, para determinação da posição e quantidade de saídas de pista e das posições de estacionamento de pátio.

Além disso, no dimensionamento das pistas de táxi e distanciamento dos eixos das pistas, tanto de pouso como de táxi, foram levadas em consideração as características geométricas do A380.

4.1.2 Comprimento de pista

O dimensionamento do comprimento das pistas de pouso foi realizado levando em consideração o peso bruto de decolagem relativo ao trecho que se pretende percorrer. Considerou-se que o dimensionamento utilizando o PMD – Peso Máximo de Decolagem pode resultar em comprimentos de pista excessivos que não representam as necessidades do aeródromo.

Para determinação do comprimento de pista para o novo aeroporto foram escolhidas as aeronaves B777-200 cargueira com destino mais distante o Aeroporto Internacional de Miami, e A330-300 comercial com destino mais distante o Aeroporto Internacional de Lisboa. Com a escolha dessas duas aeronaves ficam contemplados os destinos mais distantes com as aeronaves críticas da frota presentes no HOTRAN (08/2012) para o Aeroporto Internacional de Porto Alegre.

A Tabela 9 apresenta as distâncias até os aeroportos citados, em milhas náuticas e em quilômetros que são as unidades utilizadas nos manuais destes aviões. São apresentadas ainda mais duas rotas, uma para Santiago no Chile e uma para Brasília, que representam os trechos mais distantes para as demais aeronaves da frota.

Tabela 9 – Distâncias das rotas mais distantes para o novo aeroporto

Aeroporto	Sigla ICAO	Distância	
		Milhas náuticas	km
Lisboa	LPPT	4 800	8 895
Miami	KMIA	3 800	7 042
Santiago	SCEL	1 050	1 946
Brasília	SBBR	900	1 668

A determinação das distâncias máximas de alcance para as aeronaves é essencial para a determinação da carga paga e combustível que, por sua vez, são fatores importantes na definição do peso a ser utilizado no cálculo do comprimento de pista necessário para decolagem. Além do peso das aeronaves, são fatores determinantes no cálculo do comprimento de pista a altitude do aeródromo, a temperatura de referência, a declividade da pista e a direção e velocidade do vento.

Complementarmente, por meio do Modelo Digital de Elevação, verificou-se que a área para implantação do novo aeroporto encontra-se praticamente ao nível do mar e, portanto, a temperatura padrão, de acordo com o modelo *International Standard Atmosphere* (ISA), é de 15° C.

Para realizar as correções no comprimento de pista devido à temperatura determinou-se a temperatura de referência dada pela média mensal das temperaturas máximas diárias do mês mais quente do ano. O ICEA possui dados no período de 1980 a 2007 para o Aeroporto Salgado Filho e de acordo com a Figura 13 o mês mais quente é o mês de Janeiro, sendo a temperatura de referência 30,3° C, verificada na Figura 14.

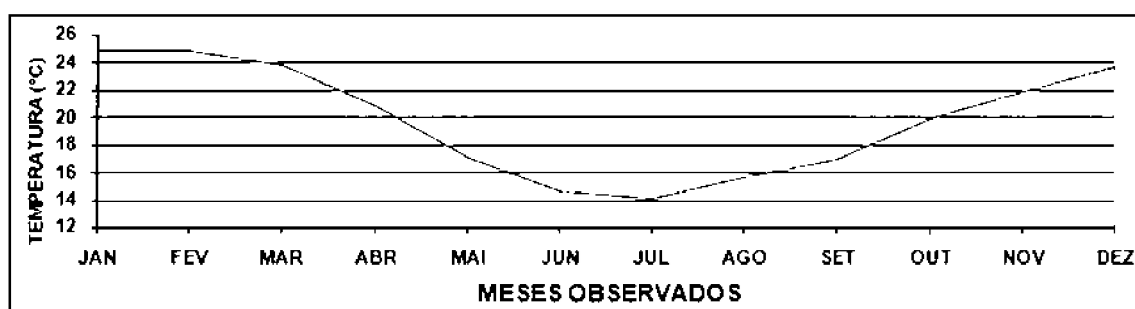


Figura 13 – Gráfico da temperatura média para o Aeroporto Salgado Filho

Fonte: (ICEA, 2012)

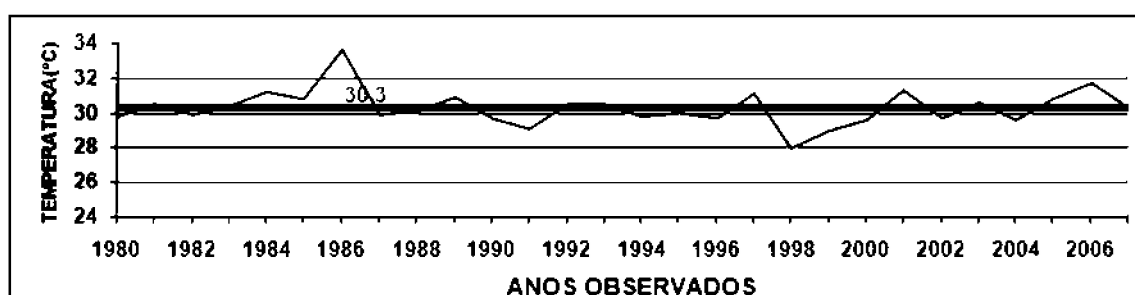


Figura 14 – Gráfico das médias das temperaturas máximas para o Aeroporto Salgado Filho

Fonte: (ICEA, 2012)

Para fins de projeto assumiu-se que a declividade longitudinal efetiva da pista é zero. Associando essas informações obtidas, temperatura de referência, declividade de pista e direção e velocidade do vento, os comprimentos de pista necessários para pouso e decolagem das aeronaves da frota são apresentados na Tabela 10. Foi levada em consideração também a operação da aeronave mais crítica da frota, o B777-200, operando a rota para o Aeroporto de Frankfurt, 6 000 milhas náuticas.

Tabela 10 – Comprimentos de pista necessários para as aeronaves da frota

Aeronaves	Trecho (Milhas Náuticas)	Peso de decolagem (ton)	Peso de aterissagem (ton)	Comprimento de pista (ISA + 15° C) (m)	
				Decolagem	Pouso
A320-200	900	69,4	62,0	1 640	1 550
B737-800	900	70,5	63,5	1 920	1 950
B767-300	1 050	148,0	128,3	2 370	1 730
A330-300	4 800	215,0	171,8	2 400	1 750
B777-200	3 800	288,0	217,0	2 100	1 900
B777-200	6 000	317,0	219,9	2 600	1 920
A380*	8 000	560,0	386,0	3 000	3 000

Condições de pouso: *flaps* 25, pista molhada, sem reverso e sem vento.

Condições de decolagem: pista seca, vento zero e gradiente de pista zero.

4.2 Geometria do Lado-Ar

O lado aéreo do aeroporto compreende as pistas de pouso e decolagem, as faixas de pista, as pistas de táxi, o pátio de estacionamento de aeronaves e as vias de serviço. De acordo com a ICAO os requisitos geométricos do lado-ar de um aeródromo são função, principalmente da classificação da pista. Nos itens subsequentes são apresentadas a classificação das pistas de pouso e as características dos componentes geométricos do aeródromo de acordo com a legislação e recomendações da ANAC.

4.2.1 Orientação e numeração das pistas

Os dados utilizados para a confecção do anemograma foram obtidos por meio de anemômetros. Este tipo de aparelhagem fornece a direção do vento em relação ao norte geográfico. Para a determinação da numeração das pistas é preciso identificar a direção da pista em relação ao norte magnético. Para tanto deve-se realizar a correção da direção da pista de pouso com a declinação magnética da região e com a variação da declinação magnética por ano.

Para obter as informações de declinação magnética foi utilizada a ferramenta de cálculo de declinação magnética do *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) através do site *National Geophysical Data Center* (NGDC, 2012) onde foram inseridas as coordenadas geográficas 29,757806° S e 51,285960° W obtendo-se uma declinação magnética de 16,1218° W com uma variação de 0,1503° W por ano.

Como a ferramenta da NOAA utiliza modelos geomagnéticos, o valor da declinação magnética pode ser utilizado diretamente para a determinação das numerações das pistas sem necessidade de correções, pois o programa incorpora automaticamente a variação anual da declinação magnética nos resultados.

Determinada a declinação magnética, buscou-se um posicionamento das pistas tal que as zonas de proteção do aeródromo, principalmente a superfície de decolagem e a de aproximação, interferissem o mínimo nos planos diretores das cidades do entorno. Verificando a Lei Municipal N° 2.896 de 11/10/2006 da Prefeitura Municipal de Sapucaia do Sul, plano diretor da cidade, a maior parte da área sob a zona de aproximação e decolagem prevista para o novo aeroporto, com as pistas posicionadas a 105° em relação ao norte geográfico, está destinada à preservação ambiental. Com efeito, optou-se pela orientação das pistas de pouso a 105° em relação ao norte geométrico, conforme verificado pelas condições de vento e de topografia da região.

Além do posicionamento favorável em relação às cidades do entorno, com a direção da pista definida em 120° em relação ao norte magnético o espaço aéreo dos três aeródromos da região, considerando a aproximação das aeronaves e as trajetórias de decolagem, principalmente da base área de Canoas, fica compatibilizado e com o mínimo de interferência em suas operações.

Consequentemente, as cabeceiras das pistas de pouso ficam numeradas, como regulamenta a ANAC, da seguinte maneira: 12 R, 30 L, 30 R e 12 L.

4.2.2 Definição do comprimento

Como o sítio de implantação do novo aeroporto se encontra em uma região praticamente ao nível do mar e com temperatura de referência, $30,3^\circ \text{C}$, igual à temperatura de referência dos ábacos das aeronaves para esta altitude, $\text{ISA} + 15^\circ \text{C}$, os comprimentos de pista calculados e apresentados na Tabela 10 não precisaram ser corrigidos e o comprimento final necessário para pouso e decolagem puderam ser definidos diretamente, sendo, respectivamente, 2400 m e 1900 m, sem considerar a análise realizada para uma rota para Frankfurt e o A380.

Levando em consideração a dificuldade em efetuar ampliações após a implantação e os avanços tecnológicos possibilitando aeronaves cada vez maiores e mais potentes, adotou-se um comprimento de 3000 m para a pista de pouso e decolagem de modo que os comprimentos mínimos requeridos sejam atendidos e seja garantida uma margem de segurança para a

operação de aeronaves mais exigentes, além de englobar a consideração de expansão efetuada para o B777 com rota para Frankfurt.

4.2.3 Classificação da pista

De acordo com a ICAO a classificação de um aeródromo pode ser determinada por meio de uma Letra Código que serve para classificar as dimensões de largura das pistas e posições de estacionamento no pátio e um Número Código que classifica o comprimento de referência das pistas de pouso. Com essa classificação a ANAC determina que todas as demais características geométricas do aeroporto podem ser definidas com auxílio do RBAC 154 (ANAC, 2012).

Analisando a Tabela 8, a Tabela 11 e a Tabela 12 e os comprimentos de pista de referência para a aeronave crítica, B777, fica determinada a classificação do novo aeródromo como 4E.

Tabela 11 – Letra Código de pistas de pouso

Letra Código	Envergadura (m)	Distância entre os Bordos Externos do Trem de Pouso Principal (m)
A	inferior a 15	menos de 4,5
B	de 15 a 24 exclusive	de 4,5 a 6,0 exclusive
C	de 24 a 36 exclusive	de 6,0 a 9,0 exclusive
D	de 36 a 52 exclusive	de 9,0 a 14,0 exclusive
E	de 52 a 65 exclusive	
F	de 65 a 79	de 14,0 a 16 exclusive

Fonte: RBAC 154 (ANAC, 2012)

Tabela 12 – Número Código de pistas de pouso

Número Código	Comprimento de Pista de Referência de uma Aeronave
1	menos de 800 m
2	de 800 m até 1 199 m
3	de 1 200 m até 1 799 m
4	mais de 1 800 m

Fonte: RBAC 154 (ANAC, 2012)

4.2.4 Geometria das pistas

Os requisitos geométricos que balizam o projeto das pistas de pouso e decolagem de um aeroporto são decorrentes da classificação da pista. De acordo com o RBAC 154 (ANAC,

2012) determinada a classificação os parâmetro geométricos das pistas podem ser obtidos por meio de tabelas de referência.

4.2.4.1 *Largura mínima*

A Tabela 13 é uma recomendação da ANAC que leva em consideração as características geométricas das aeronaves para determinar por meio da classificação da pista a largura mínima, por quesitos de segurança, necessária para o projeto. Além disso, a ANAC recomenda que a largura mínima para pista com sistemas de aproximação por instrumentos seja de 30 m. No caso deste estudo a recomendação foi atendida e, de acordo com a Tabela 13, a largura da pista determinada de 45 m.

Tabela 13 – Largura de pista recomendada pela ANAC

Número Código	Letra Código					
	A	B	C	D	E	F
1	18 m	18 m	23 m	-	-	-
2	23 m	23 m	30 m	-	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m	60 m

Fonte: RBAC 154 (ANAC, 2012)

Além das recomendações da largura de pista dadas acima o RBAC 154 (ANAC, 2012) aponta alguns fatores importantes a serem considerados na determinação da largura final no projeto, uma vez que a ocorrência de ventos transversais fortes em operações de pouso, principalmente estando a aeronave com uma turbina danificada, pode afetar a estabilidade no momento do toque deslocando a aeronave em relação ao eixo da pista.

Mais uma vez analisando os anemogramas apresentados no Apêndice A, verifica-se que na região a ocorrência de ventos transversais de grande magnitude, para a direção escolhida, é muito baixa, sendo predominantes ventos de grande intensidade em uma direção com pouca variação. Consequentemente, a largura de pista para projeto foi mantida em 45 m como obtido da Tabela 13.

4.2.4.2 *Declividades longitudinais*

O RBAC 154 (ANAC, 2012) faz diversas recomendações a cerca das declividades longitudinais, principalmente, a cerca de limitações de declividade e sua variação. Nesta proposta de projeto não foi considerada a geometria vertical do eixo da pista, apesar de em

alguns momentos serem apresentadas sugestões para as mesmas como na análise topográfica do item 3.2.7 e no Apêndice E.

4.2.4.3 Declividades transversais

Com o intuito de promover maior velocidade de drenagem superficial da água sem, no entanto, interferir na segurança das operações, a superfície das pistas de pouso deve ser provida de declividade transversal, de acordo com o RBAC 154 (ANAC, 2012) com inclinação no máximo de 1,5 % e no mínimo de 1,0% para os casos em que a Letra Código for E.

Como a região sofre com chuvas de grande intensidade e com ocorrência pontual de baixas temperaturas em certos períodos do ano existe a possibilidade de congelamento, de modo que o escoamento superficial deve ser garantido. Para tanto foi adotada uma declividade de 1,5 % reduzindo a probabilidade de esses fenômenos acontecerem, provocando acidentes ou mesmo o fechamento do aeroporto.

4.2.4.4 Acostamento

Apesar da baixa ocorrência de ventos transversais recomenda-se (ICAO, 2004) a construção de acostamentos em pistas com Letra Código E e largura inferior a 60 m com a finalidade de criar uma superfície pavimentada nas bordas da pista capaz de suportar uma eventual saída de aeronave do pavimento da pista sem causar avarias na aeronave e evitar a sucção de partículas sólidas pelas turbinas das aeronaves que por vezes estão localizadas próximas às extremidade das asas.

Foi proposta para o novo aeroporto uma faixa de acostamento de cada lado da pista de pouso dispostas simetricamente em relação ao eixo da mesma, tendo cada uma 7,5 m de largura e declividade transversal de 2,0 %, superior à declividade transversal da pista. As duas faixas devem possuir concordância com o nível da pista de modo que não exista degrau na transição entre elas.

4.2.4.5 Runway end safety areas

De acordo com a recomendação do RBAC 154 (ANAC, 2012) em cada final de pistas de pouso Número Código 4 deve ser projetada uma área de segurança com 240 m de comprimento e largura mínima de duas vezes a largura da pista de pouso após a faixa de pista destinadas à segurança das aeronaves para casos de incidentes de *overrun*.

4.2.4.6 Saídas de pista

As saídas de pista devem ser projetadas para favorecer ao máximo o fluxo de aeronaves na pista sem que estas precisem gastar muito tempo taxiando na pista de pouso. Ou seja, a ideia principal das saídas de pista é fazer com que as aeronaves saiam para as pistas de taxi o mais rápido possível deixando a pista de pouso desimpedida para as próximas operações. As posições das saídas de pista podem ser calculadas por meio das Equações 1 e 2:

(1)

onde D é a distância desde o início da pista até a saída, D_{td} é a distância do início da pista ao ponto de toque, e D_e é a distância do ponto de toque até a saída:

$$\frac{(V_{td}^2 - V_e^2)}{2a} \quad (2)$$

onde V_{td} é a velocidade da aeronave no toque, V_e é a velocidade de saída da aeronave e a é a desaceleração da aeronave na pista.

Como o novo aeroporto deve comportar principalmente tráfego de aeronaves de médio e grande porte as velocidades de saída e de toque podem ser obtidas da Tabela 14.

Tabela 14 – Velocidades de toque e saída de pista

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

Admitindo que, por critério de projeto, a desaceleração das aeronaves em condições úmidas seja de $1,5 \text{ m/s}^2$ e que a área de toque esteja entre 300 e 450 metros após o início da pista as distâncias das saídas de pista puderam ser obtidas e são apresentadas na Tabela 15.

Tabela 15 – Distâncias das saídas de pista

Aeronaves	D_e (m)	D_{td} (m)	D (m)
Pequeno porte	728	300	1.028
Médio Porte	1.008	450	1.458
Grande porte	1.502	450	1.952

Levando em consideração os valores obtidos na Tabela 15 foram propostas três saídas rápidas de pista além dos acessos nas duas cabeceiras. No sentido principal de pouso, considerando os anemogramas do Apêndice A, foram adotadas duas saídas rápidas uma a 1690 m e a outra a 2330 m da cabeceira de pouso, e no sentido contrário uma única saída a

2330 m da cabeceira para casos de operações nesse sentido e quando não for possível utilizar a pista paralela. Apesar da quantidade elevada de saídas de pista, estas podem ser construídas em etapas de modo a reduzir o tempo de utilização das pistas com taxiamento de aeronaves, podendo introduzir mais duas saídas para contemplar as aeronaves de pequeno porte caso essa demanda seja verificada após a implantação do aeroporto.

Com as saídas de pista assim posicionadas, sem considerar a saída de pista de acesso à cabeceira, ficam contempladas mais de 70% de todas as operações de pouso de aeronaves categoria D, e aproximadamente 90% das operações de pouso de aeronaves categoria C.

4.2.4.7 Faixa de pista

Outra característica geométrica dependente do Número Código da pista é a faixa de pista. Este elemento geométrico é de grande importância para a segurança das operações das aeronaves e para a segurança das proximidades das pistas. Esta faixa deve ser uma área conformada com limitações de declividade e sem obstáculos para que caso uma aeronave saia da pista, a mesma não sofra graves avarias.

Para o caso de pista Número Código 4 a faixa de pista deve ter um comprimento de 3120 m, contemplando 60 metros após cada limite das cabeceiras e 300 m de largura, com 150 metros para cada lado a partir do eixo da pista. Além disso, por se tratar de uma pista de aproximação de precisão categoria II uma faixa de 77,5 m para cada lado da pista a partir do eixo deve ser completamente livre de obstáculos, contendo somente os auxílios visuais requeridos.

Por questões de drenagem a faixa de pista deve ser provida de declividade transversal, preferencialmente superior à declividade dos acostamentos e não superior a 2,5 %. Essas restrições foram determinadas para garantir que a seção transversal do conjunto pavimento, acostamento e faixa de pista apresentem formato o mais côncavo possível, promovendo a drenagem superficial de modo que as transições de um componente para o outro possuam variação positiva de declividade impossibilitando o acúmulo de água nessas inflexões.

4.2.4.8 Distância entre pistas

Com o intuito de aproveitar ao máximo o desempenho de um sistema de duas pistas paralelas operando independentemente, escolhe-se uma pista preferencial para operações de pouso e uma para decolagem. Com essa escolha o tempo de ocupação das pistas pode ser reduzido posicionando-as de modo que o terminal fique a um terço do comprimento total da

pista de decolagem em relação a cabeceira de decolagem, e a dois terços da cabeceira de pouso da pista de pouso. Assim posicionadas, a distância da cabeceira até o terminal, tanto para aeronaves que acabaram de pousar como para aeronaves que vão decolar são reduzidas. Com essa configuração as cabeceiras das pistas ficam deslocadas de 1000 metros possibilitando uma redução na distância de separação das duas pistas.

Apesar dessa possibilidade, para a implantação de um complexo com as proporções que se pretende e tendo o espaço totalmente desimpedido para a construção do mesmo não foi abordada nesta proposta a redução da separação por conta da decalagem das pistas mantendo o distanciamento de 1320 m entre eixos das pistas de pouso e decolagem, superior ao valor mínimo de separação, 1050 m, admitido para operações independentes em pistas instrumentadas de acordo com o *Advisory Circular* 150/5060-5 (FAA, 1983).

4.2.5 Pátio de aeronaves

Optou-se pela configuração geometria de pátio baseada em um terminal no formato de dois “L’s” abertos, o que poderia ser caracterizado como um terminal linear com dois *fingers* em ângulo nas extremidades. Essa geometria está sendo adotada por possibilitar as facilidades de um terminal de passageiros linear, combinado com o elevado número de posições de parada da estrutura em *finger*. O projeto de expansão de Viracopos, por exemplo, prevê o *layout* de um dos terminais com esse padrão.

4.2.6 Baias de espera

Para aeroportos de grande porte as baias de espera podem ser projetadas como duas pistas de rolamento paralelas dando acesso à cabeceira. Essa configuração em conjunto com as duas pistas de táxi paralelas à pista de pouso e decolagem permitem que as aeronaves taxiem independentemente.

É um sistema eficiente e consideravelmente mais seguro do que a baia de espera, pois permite a ultrapassagem de uma aeronave em pistas afastadas, sem necessidade de uma delas parar. Além disso, duas pistas de táxi paralelas promovem maior flexibilidade para a operação de aeronaves saindo do pátio permitindo que aeronaves cheguem e saiam para as cabeceiras quase que independentemente. Para tanto, as duas pistas de táxi devem ser separadas de distância mínima que garanta a segurança das operações.

Para verificar as condições necessárias para a implantação das pistas de táxi paralelas em conjunto com as baías de espera, na verdade pistas de rolamento, foi consultada a Tabela 16 com informações retiradas do RBAC 154 (ANAC, 2012). Verificam-se então as separações entre dois eixos de pistas de táxi paralelas para Letra-Código F, concluindo a necessidade de separação mínima de 95 m. Lembrando que a Letra Código adotada para o afastamento das pistas de táxis é F devido à compatibilização com o A380 e demais aeronaves de grande porte.

Tabela 16 – Distâncias mínimas de separação para pistas de táxi

Letra Código	Distância entre eixos da pista de táxi e da pista de pouso (m)				Distância entre o eixo de uma pista de táxi e o eixo de outra pista de táxi (m)	Distância entre o eixo de uma pista de táxi e um objeto (m)	Distância entre o eixo de uma pista de táxi de acesso ao estacionamento e um objeto (m)
	Pista por instrumento						
	Número Código						
	1	2	3	4			
A	82,5	82,5	-	-	23,75	16,25	12,00
B	87,0	87,0	-	-	33,50	21,50	16,50
C	-	-	168,0	-	44,00	26,00	24,50
D	-	-	176,0	176,0	66,50	40,50	36,00
E	-	-	-	182,5	80,00	47,50	42,50
F	-	-	-	190,0	95,00	55,00	50,50

Fonte: RBAC 154 (ANAC, 2012)

4.2.7 Pistas de táxi

4.2.7.1 Configuração geométrica das pistas de táxi

Segundo o RBAC 154 (ANAC, 2012), as pistas de táxi de um aeródromo devem ser projetadas para permitir a movimentação rápida e segura de aeronaves. Recomenda-se que o projeto de pistas de táxi garanta que estando a cabine de comando da aeronave situada no eixo da pista de rolamento a distância dos bordos da pista à roda mais externa da aeronave não seja inferior aos valores dados na Tabela 17.

Tabela 17 – Afastamento mínimo entre rodas externas e borda da pista de táxi

Letra Código	Afastamento
A	1,5 m
B	2,25 m
C	3 m se base da aeronave for menor que 18 m ou 4,5 m demais casos
D	4,5 m
E	4,5 m
F	4,5 m

Fonte: RBAC 154 (ANAC, 2012)

Como a proposta aqui apresentada pretende permitir a operação de aeronaves 4F, todas as distâncias de separação das pistas de táxi foram adotadas considerando essa classificação e, portanto, a distância mínima entre rodas do trem de pouso mais externo e borda da pista de táxi foi fixada em 4,5 m. A ANAC recomenda ainda que em casos de aeroporto que operem tráfego elevado de aeronaves de grande porte, sejam projetadas pistas com distâncias ainda maiores para permitir velocidades de taxiamento maiores, favorecendo o fluxo. Como o novo aeroporto de Porto Alegre, pelo menos inicialmente, não deve operar um volume muito grande de aeronaves de grande porte, como o A380, manteve-se o afastamento de 4,5 m.

O RBAC 154 (ANAC, 2012) apresenta ainda a Tabela 18 com os valores mínimos permitidos para a largura dos trechos retilíneos das pistas de táxi.

Tabela 18 – Largura mínima das pistas de táxi

Letra Código	Largura da pista de táxi
A	7,5 m
B	10,5 m
C	15 m, se a pista de táxi for destinada a aeronaves com distância entre eixos menor que 18 m, 18 m caso contrário
D	18 m, se a pista de táxi for destinada a aeronaves com largura do trem de pouso principal menor que 9 m, 23 m caso contrário
E	23 m
F	25 m

Fonte: RBAC 154 (ANAC, 2012)

Apesar da recomendação para que em casos de aeronaves 4F deve-se ter largura mínima de 25 m, pretende-se apenas assegurar que o A380 consiga operar, mas essa não é a aeronave de projeto. Nesse sentido, foi proposta uma pista de táxi com 23 m de largura mínima nos trechos retilíneos, como recomenda a ANAC para Letra-Código 4E e com

acostamento de 10,5 metros para cada lado, totalizando 44 m sendo 23 m de pavimento de táxi e 21 m de acostamento.

Aparentemente uma largura muito grande para acostamento, mas vale ressaltar que o custo de um pavimento estrutural como a pista de táxi é bem mais elevado do que o custo de um revestimento simples de acostamento, ainda mais que o tratamento destas faixas nos trechos retilíneos tem como objetivo simplesmente garantir que partículas sólidas não sejam sugadas pelas turbinas de aeronaves de grande porte, e não desempenham funções estruturais.

Com essas dimensões ficam atendidas as recomendações da ANAC quanto às larguras mínimas de superfície pavimentada para aeródromos 4E de 44 m em trechos retilíneos de pistas de táxi.

Ainda, de acordo com o RBAC 154 (ANAC, 2012), para saídas rápidas de pista é recomendado que o trecho retilíneo após a curva possua comprimento suficiente para que uma aeronave pare completamente antes da intersecção com outra pista de táxi ou pátio de estacionamento. A ANAC considera que as aeronaves em saídas de pistas rápidas, Número Código 4, saem com uma velocidade de 96 km/h. Com esses parâmetros, e utilizando a desaceleração de $1,5 \text{ m/s}^2$ apresentada no item 4.2.4.6 deste relatório, verificou-se que são necessários 237 m para que uma aeronave, a 96 km/h, pare completamente a partir do ponto de *turn-off*. Consequentemente, não é necessário projetar um trecho retilíneo para a parada das aeronaves uma vez que o comprimento do arco da curva de 550 m é de 288 m.

4.2.7.2 Raios de curvatura das pistas de táxi

Para determinar os raios das saídas e das intersecções das pistas de táxi foram consultadas as características da aeronave para planejamento de aeroportos (BOEING, 2009) do B777 e aplicada o método do Arco e da Tangente de dimensionamento de *fillets* proposto no *Aerodrome Design Manual* (ICAO, 2005).

De acordo com o Método do Arco e da Tangente, para determinar a geometria do *fillet* de uma curva com margem de segurança aceitável basta determinar um arco concêntrico à curvatura do centro da linha do eixo da pista de táxi e a tangente ao final do arco que fornece uma finalização para o *fillet* a fim de abranger o desvio residual do trem de pouso principal. As características da aeronave determinantes no cálculo da geometria dos *fillets* são apresentadas na Figura 15.

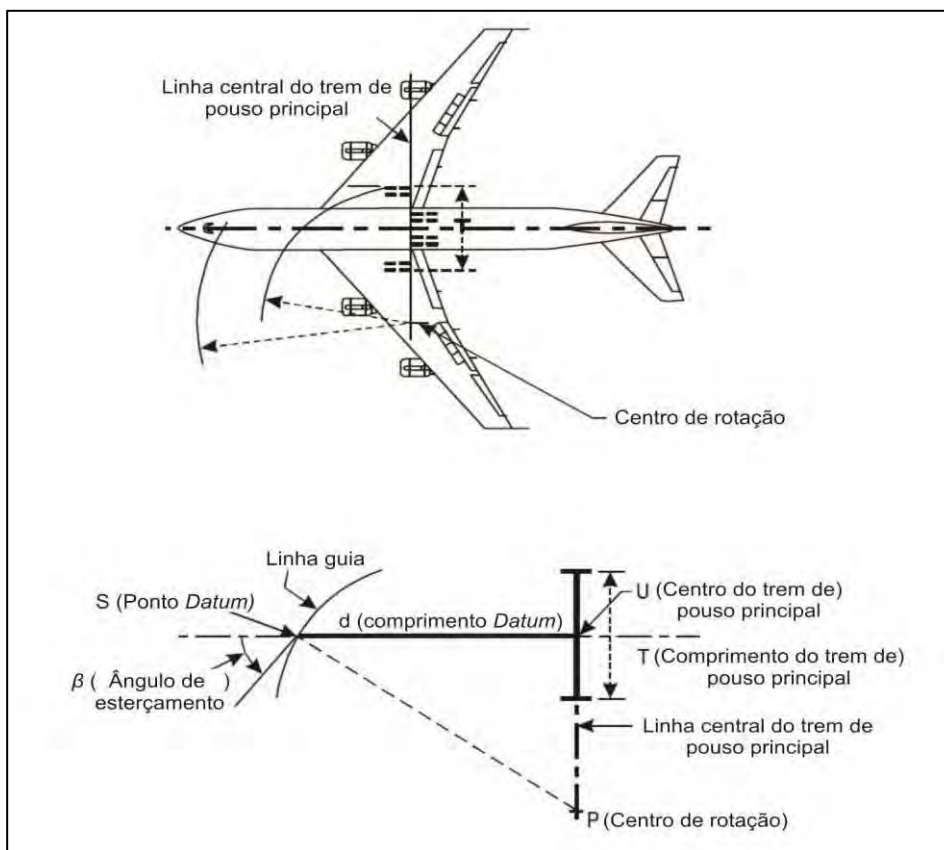


Figura 15 – Simbologia para o Método do Arco e da Tangente
 Fonte: adaptado do *Aerodrome Design Manual – Part II* (ICAO, 2005)

Portanto, para projetar o *fillet* basta determinar o raio de curvatura do arco concêntrico e a distância após o final do arco até o fim da tangente. Esses parâmetros podem ser visualizados na Figura 16.

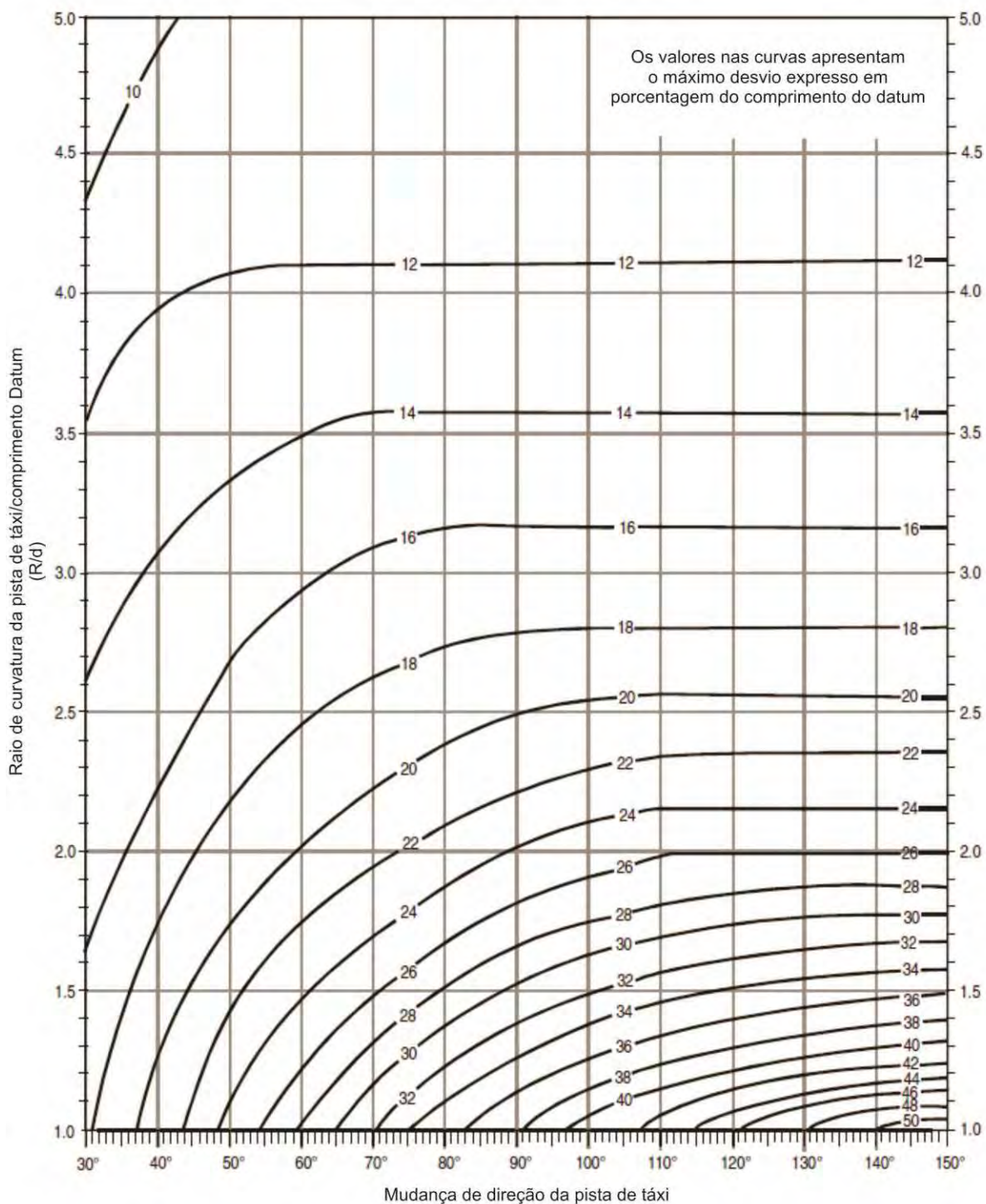


Figura 17 – Desvio máximo ($\lambda_{máx}$) do trem de pouso principal
 Fonte: adaptado do *Aerodrome Design Manual – Part II* (ICAO, 2005)

b. Determinação do comprimento até o fim da tangente

Determinado o raio de curvatura do *fillet* falta determinar a distância até o ponto final da tangente. Para tanto, verifica-se que o *fillet* não é mais necessário a partir do ponto em que

o desvio máximo do trem de pouso principal é menor do que o desvio máximo permitido sem o *fillet* sendo o desvio dado pela Equação 4:

$$X/2 \leq (M + T/2) \quad (4)$$

onde X é a largura da pista de táxi, M é a margem de segurança mínima e T é a distância entre os bordos externos do trem de pouso mais externo, portanto:

$$(4 \leq 4)$$

Utilizando o ábaco da Figura 18 obtém-se o ângulo $\beta_{\text{máx}} = 1,0^\circ$ de esterçamento em função do máximo desvio do trem de pouso principal.

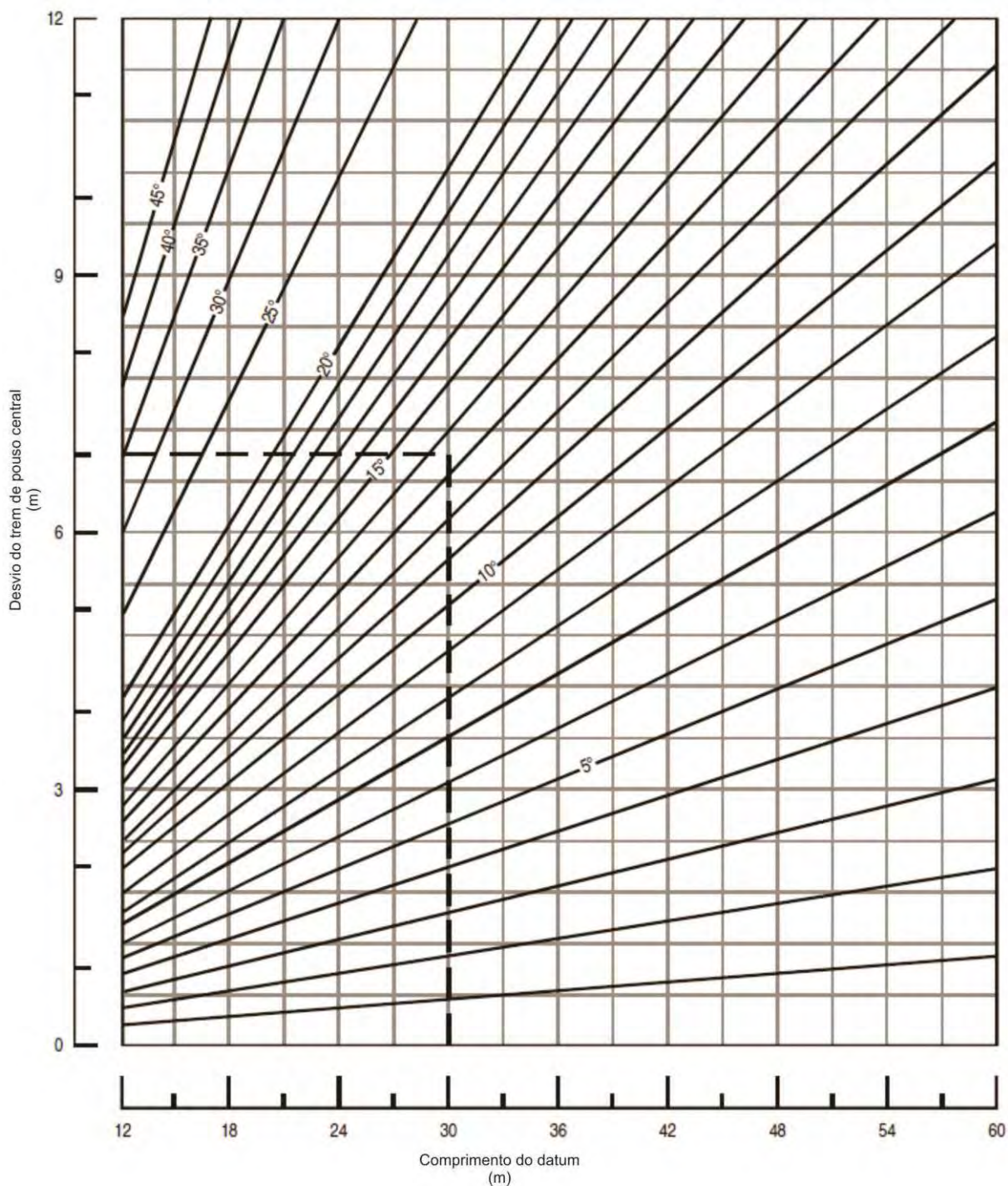


Figura 18 – Ângulo de esterçamento em função do desvio do trem de pouso principal

Fonte: adaptado do *Aerodrome Design Manual – Part II* (ICAO, 2005)

Do ábaco da Figura 19, obtém-se o valor do ângulo de esterçamento residual, $\beta = 25,2^\circ$, correspondente ao desvio residual λ .

Finalizando o dimensionamento dos *fillets*, entrando os valores de $\beta_{\text{máx}}$ e β no ábaco da Figura 20, obtém-se os valores das distâncias percorridas ao longo da linha de centro da pista de rolamento, $L_1 = 109,26$ m e $L_2 = 24,20$ m, respectivamente.

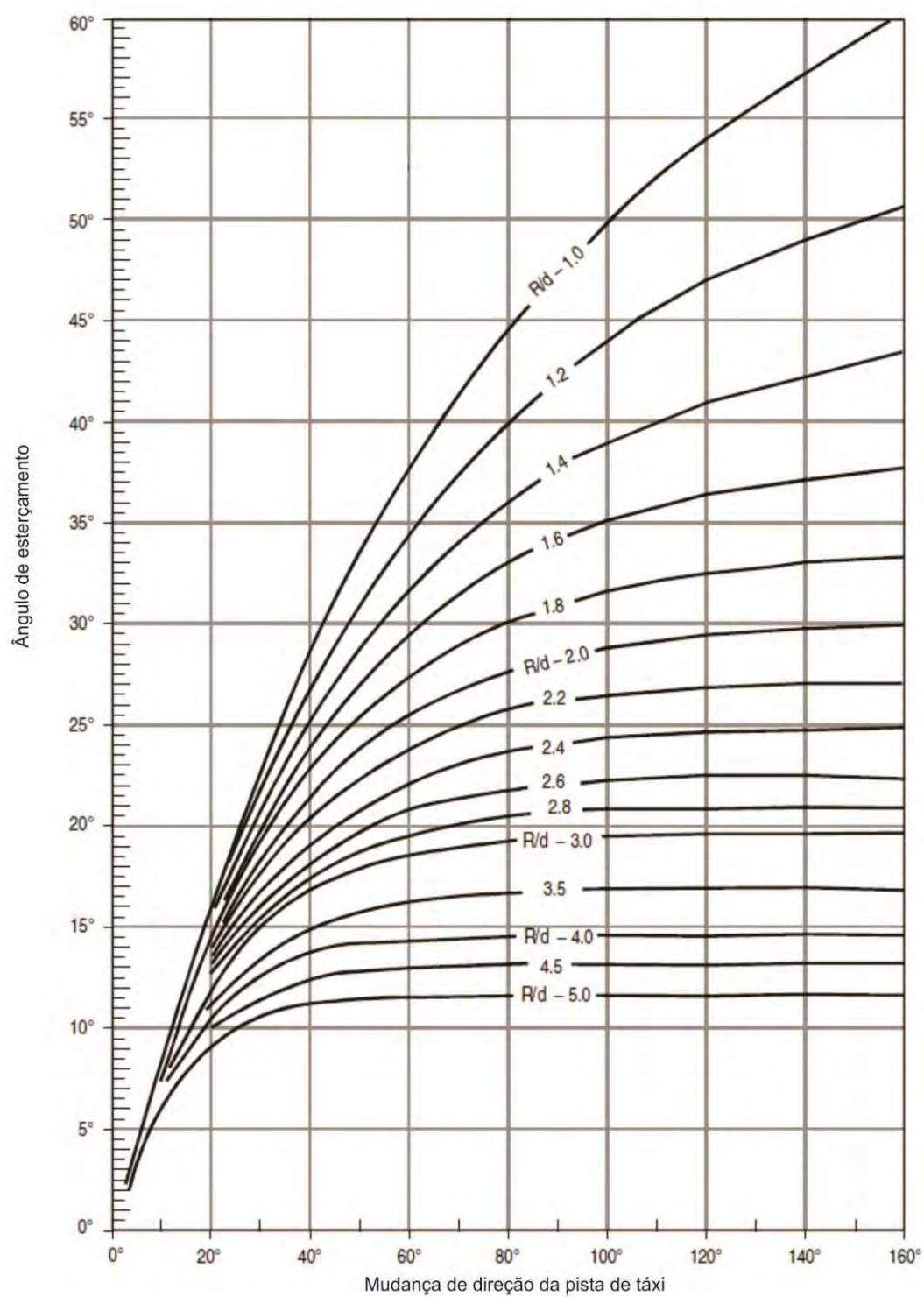


Figura 19 – Aumento do ângulo de esterçamento durante uma curva

Fonte: adaptado do *Aerodrome Design Manual – Part II* (ICAO, 2005)

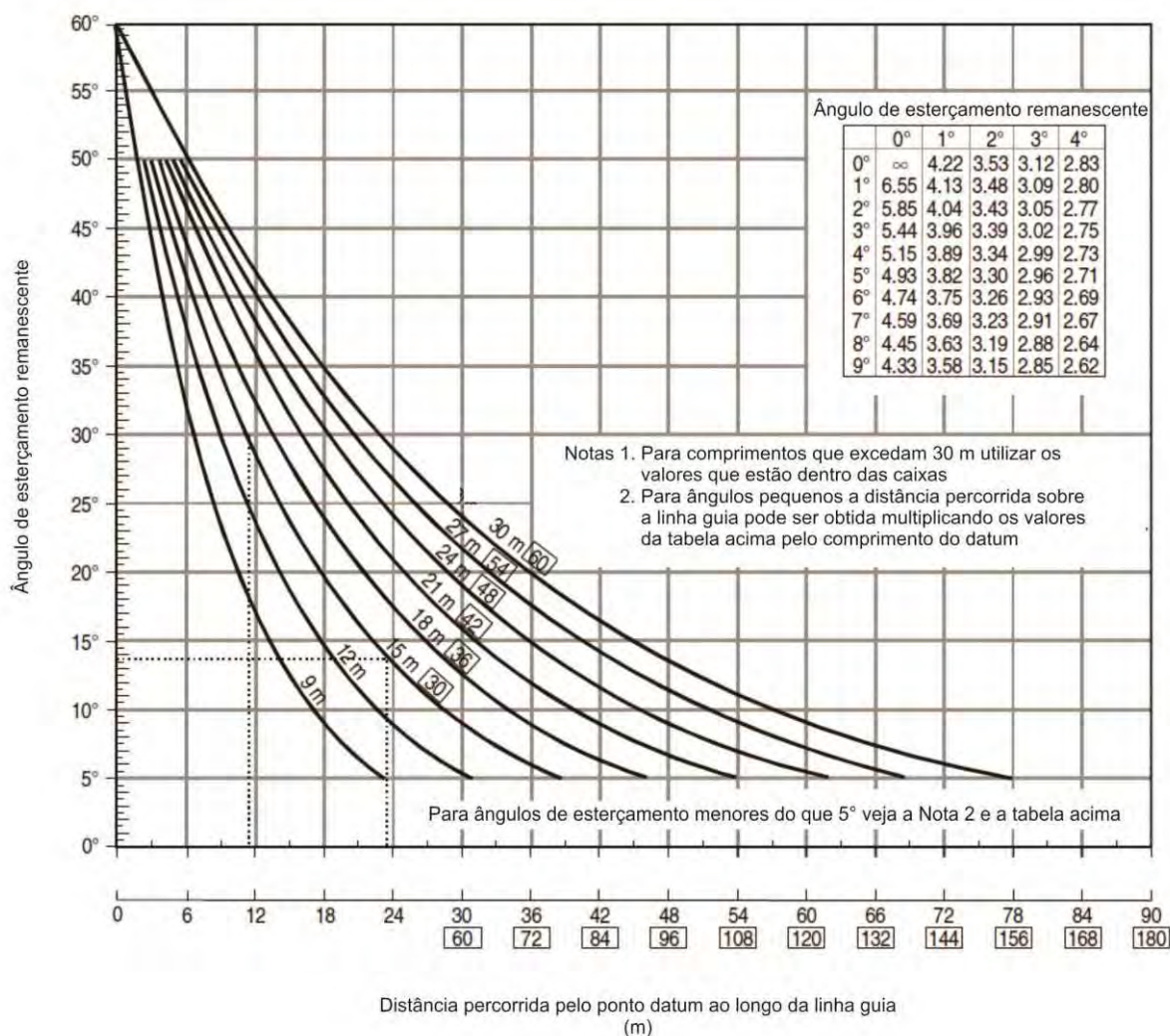


Figura 20 – Comprimentos percorridos em função dos ângulos de esterçamento

Fonte: adaptado do *Aerodrome Design Manual – Part II* (ICAO, 2005)

A diferença entre L_1 e L_2 , dada por $L_3 = 85,06$ m, é a distância percorrida pelo trem de pouso principal para reduzir o ângulo de esterçamento de $\beta_{máx}$ para β . Consequentemente, a distância L necessária para que o conjunto do trem de pouso retorne ao centro da pista de táxi é dada para diferença entre o comprimento L_3 e o comprimento *datum*:

A Tabela 19 apresenta, sequencialmente, os valores considerados e obtidos durante o cálculo do *fillet* para a curva de acesso à cabeceira 12 L da pista de pouso, considerando a geometria do B777 da Figura 21.

Tabela 19 – Passo-a-passo para o cálculo de um dos fillets da proposta

Projeto do <i>fillet</i>	
Mudança de direção da pista de táxi	90,00 °
Raio da linha de centro da pista de táxi	60,00 m
Largura da pista de táxi	23,00 m
Comprimento <i>datum</i>	25,89 m
Distância dos bordos externos do trem de pouso principal	12,80 m
Margem de segurança	4,50 m
R/d	2,32
Desvio máximo	5,44 m
Raio do <i>fillet</i>	43,66 m
Desvio máximo sem o <i>fillet</i>	0,60 m
Ângulo de esterçamento	1,00 °
Ângulo de esterçamento no fim da curva	26,00 °
L1	109,26 m
L2	24,00 m
L3	85,26 m
l	59,37 m

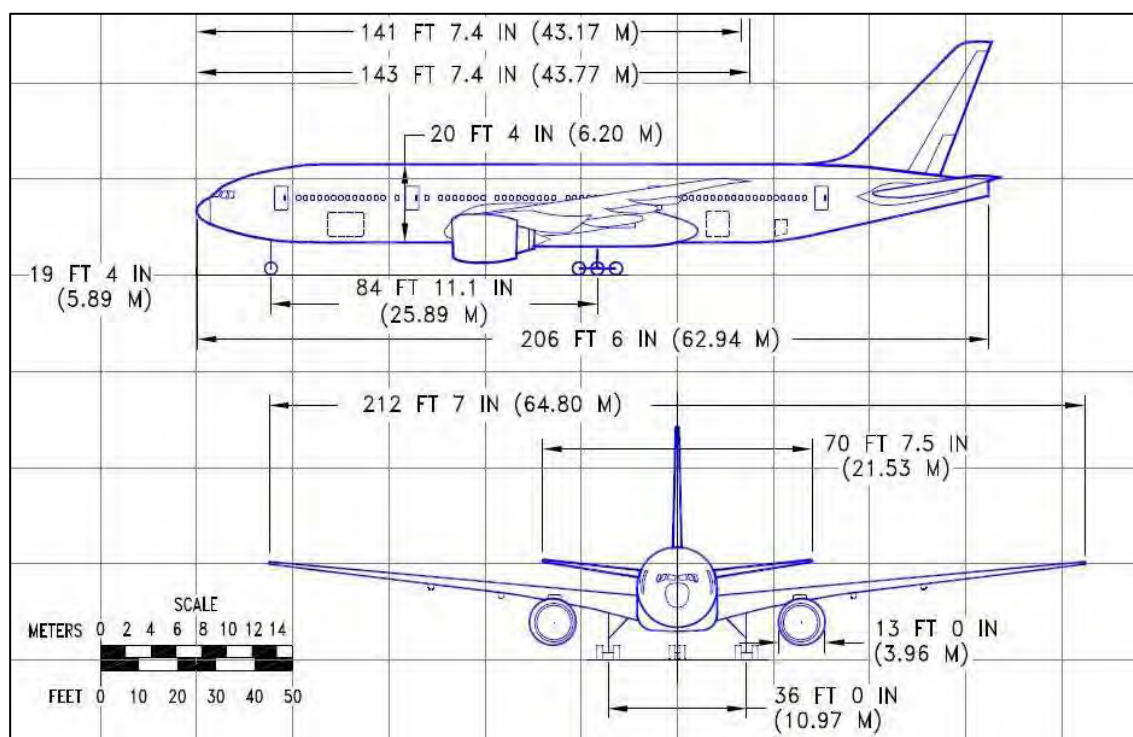


Figura 21 – Características geométricas do B777

Fonte: B777 - *Airplane Characteristics for Airport Planning* (BOEING, 2009)

Os *fillets* das demais curvas foram calculados segundo o mesmo método apresentado acima e os resultados são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 – Parâmetros para projeto dos fillets das curvas

Curva	Ângulo (°)	R (m)	R/d	$\lambda_{\max}$ (m)	r (m)	β (°)	L2 (m)	L (m)
1	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
2	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
3	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
4	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
5	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
6	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
7	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
8	150	60,0	2,32	5,77	43,33	26,0	24,00	59,37
9	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
10	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
11	30	550,0	21,24	0,00	539,10	1,00	109,26	0,00
12	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
13	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
14	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
15	150	60,0	2,32	5,77	43,33	26,0	24,00	59,37
16	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
17	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
18	30	550,0	21,24	0,00	539,10	1,00	109,26	0,00
19	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
20	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
21	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
22	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
23	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
24	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
25	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
26	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
27	30	550,0	21,24	0,00	539,10	1,00	109,26	0,00
28	150	60,0	2,32	5,77	43,33	26,0	24,00	59,37
29	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
30	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
31	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
32	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
33	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
34	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17
35	90	60,0	2,32	5,44	43,66	25,2	24,20	59,17

4.3 Zonas de Proteção do Aeroporto

Segundo a Portaria nº 256/GC5 (COMAER, 2011) O PBZP do Aeródromo é definido em função das superfícies limitadoras de obstáculos de aeródromos e com base no planejamento aeroportuário aprovado pela ANAC. Ainda de acordo com a portaria devem ser projetadas as seguintes superfícies de proteção: aproximação, decolagem, transição, horizontal interna e cônica conforme a Figura 22.

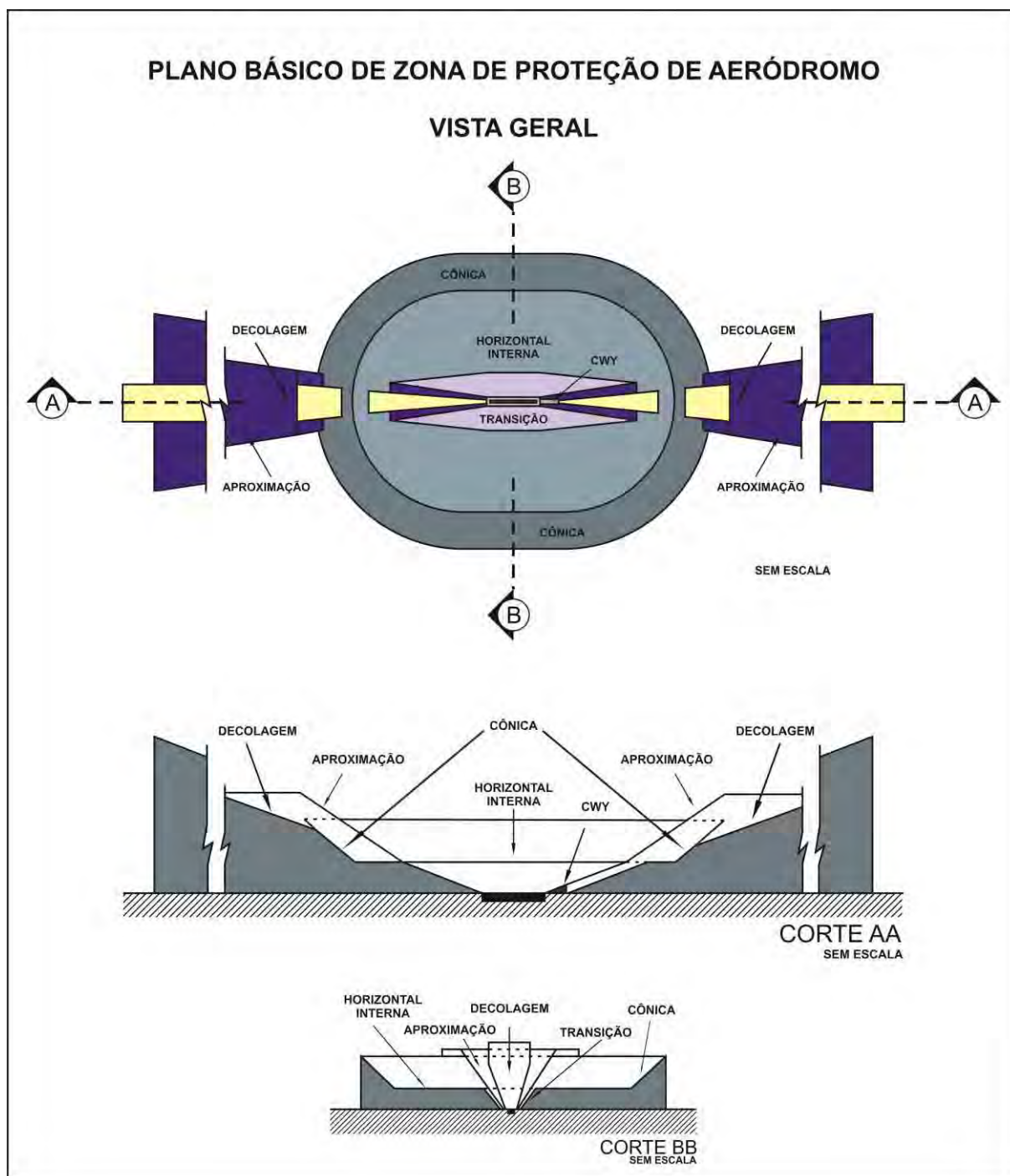


Figura 22 – Plano Básico de Zoneamento de Proteção do Aeródromo

Fonte: adaptado da Portaria 256/GC5 (COMAER, 2011)

4.3.1 Altimetria

Com classificação da pista Número Código 4 e sistema de aproximação de precisão ILS CAT II, foram obtidos nos anexos da Portaria 256/GC5 (COMAER, 2011) os valores de restrições para cada zona de proteção e os parâmetros para construção do PBZP apresentados na Tabela 21. O Apêndice C apresenta uma planta com as Zonas de Proteção do Aeródromo.

Tabela 21 – Restrições altimétricas para pista CAT II e Número Código 4

SUPERFÍCIES	INTRUMENTO DE PRECISÃO CAT II E III	SUPERFÍCIES	INTRUMENTO DE PRECISÃO CAT II E III
	Código da pista		Código da pista
	3 e 4		3 e 4
CÔNICA		DECOLAGEM	
Gradiente	5%	Comprimento da borda interna	180 m
Altura	100 m	Distância do final da pista	60 m
HORIZONTAL INTERNA		Abertura para cada lado	12,50%
Altura	45 m	Largura final	1200 m
Raio	4000 m	Comprimento	15000 m
TRANSIÇÃO		Gradiente	2%
Gradiente	14,30%	APROXIMAÇÃO INTERNA	
APROXIMAÇÃO		Largura	120 m
Comprimento da borda interna	300 m	Distância da cabeceira	60 m
Distância das cabeceiras	60 m	Comprimento	900 m
Abertura para cada lado	15%	Gradiente	2%
Primeira Seção		TRANSIÇÃO INTERNA	
Comprimento	3000 m	Gradiente	33,30%
Gradiente	2%	POUSO INTERROMPIDO	
Segunda Seção		Comprimento da borda interna	120 m
Comprimento	3600 m	Distância da cabeceira	1800 m
Gradiente	2,50%	Abertura para cada lado	10%
Seção Horizontal		Gradiente	3,33%%
Comprimento	8400 m		
Comprimento Total	15000 m		

4.3.2 Principais restrições

Os objetos fixos não são permitidos se ultrapassarem as superfícies de Aproximação Interna, Transição Interna e de Pouso Interrompido, exceto os auxílios à navegação aérea frangíveis. Os objetos móveis que perfuram essas superfícies devem ser removidos durante operações de pouso de decolagem.

As torres de controle, por critério do DECEA, podem ultrapassar as superfícies limitadoras. Os depósitos de combustível destinados ao abastecimento das aeronaves podem ser instalados nas Superfícies de Transição, desde que não interfiram no gabarito.

4.3.3 Restrições de uso do solo

O uso do solo no entorno do aeródromo deve ser compatibilizado com as atividades do aeroporto de modo a reduzir os incômodos que este irá causar por conta do ruído aeronáutico. A elaboração do PBZR – Plano Básico de Zoneamento de Ruído é regulamentada pelo RBAC 161 (ANAC, 2011). O Plano básico é composto por duas curvas isofônicas correspondentes aos índices de 65 e 75 DNL (*Day-Night Average Sound Level*). Desta forma ficam demarcadas três regiões caracterizadas por incômodo intenso, moderado e aceitável. A Tabela

22 e a Figura 23 apresentam os valores utilizados para o plano básico e um modelo ilustrativo de como ficam localizadas as curvas, respectivamente.

No caso do novo aeroporto de Porto Alegre espera-se que o mesmo movimentará mais de 7000 aeronaves por ano, com efeito, seria necessário desenvolver um Plano Específico de Zoneamento de Ruído e não somente o plano básico, contudo está é uma atividade dispendiosa e que cabe ao operador do aeroporto quando da homologação do aeródromo. Para questões de projeto foram utilizados os valores para classe 4 da Tabela 22. O Apêndice D apresenta a planta com as curvas isofônicas sobre postas em uma imagem de satélite da região.

Tabela 22 – Dimensões das curvas de ruído de 65 e 75 DNL

Movimento Anual	Classe	L1 (m)	R1 (m)	L2 (m)	R2 (m)
Até 400	1	70	30	90	60
de 401 a 2000	2	240	60	440	160
de 2001 a 4000	3	400	100	600	300
de 4001 a 7000	4	550	160	700	500

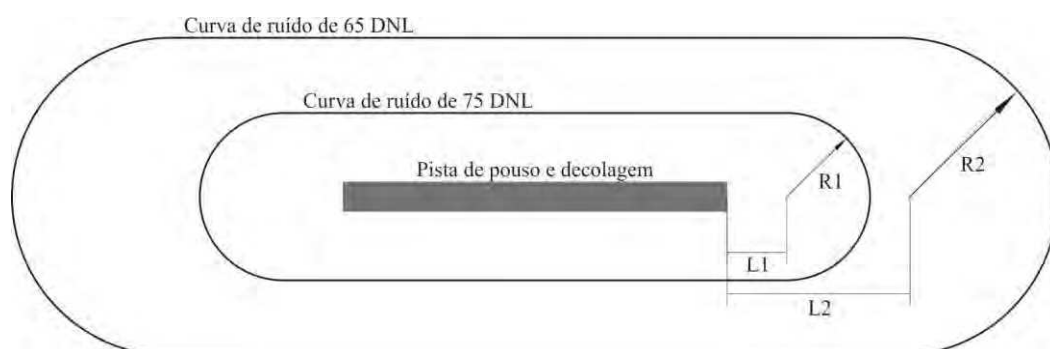


Figura 23 – Modelo representativo das curvas isofônicas de 65 e 75 DNL

Deve ser verificada juntamente com as curvas isofônicas definidas, o tipo de utilização de solo permitido sob cada região. O RBAC 161 (ANAC, 2011) apresenta uma tabela com as restrições e demais informações praticáveis para cada tipo de utilização do solo.

4.4 Pátio de Estacionamento de Aeronaves

A determinação do número de posições de parada de aeronaves para o projeto final deve ser feita de acordo com o mix de aeronaves que irá operar no aeroporto. Para tanto é necessário que seja elaborada uma previsão de demanda completa distinguindo-se a demanda prevista para cada faixa de aeronaves com no mínimo dois grupos distintos. Neste trabalho a área necessária para o pátio de aeronaves foi estimado considerando a projeção do número de

posições para a hora-pico com base na taxa de crescimento da demanda do Aeroporto Salgado Filho.

A Figura 24 apresenta as operações diárias no aeroporto de Porto Alegre. Na representação, os quadrados pintados de vermelho e verde, claro ou escuro, representam as operações de decolagem, enquanto os pintados de cinza representam os pousos. Os valores abaixo do gráfico são os horários com intervalos de meia hora.

Analisando a Figura 24, contabilizando a quantidade de operações para um intervalo de uma hora, vê-se que atualmente a hora pico de operações no pátio é às 17:00 horas com um total de 31 operações. Considerando a taxa de crescimento anual para a previsão média para a Demanda Detalhada dos Aeroportos Brasileiros (IAC, 2005) o movimento na hora-pico passaria de 31 para 56 operações em 2025.

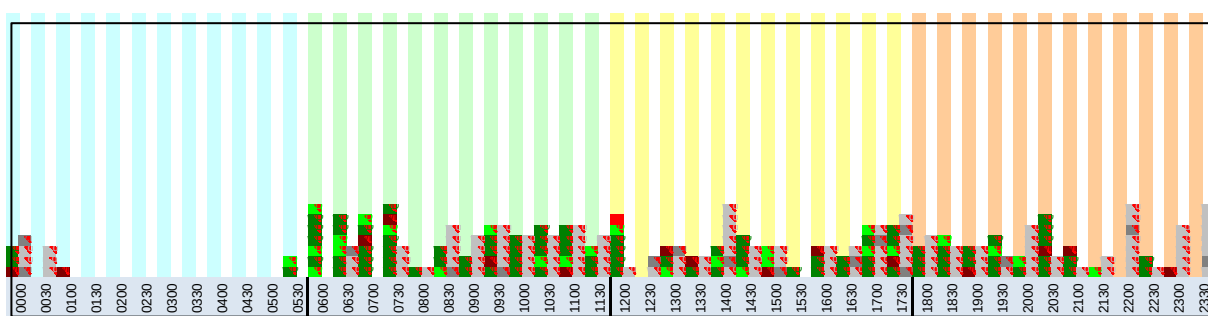


Figura 24 – Operações ao longo do dia em SBPA segundo o HOTRAN

Com 56 operações na hora-pico e considerando um tempo médio de ocupação de 45 minutos para aeronaves de grande porte conforme proposto em 2008 pela INFRAERO e de 50 minutos para aeronaves muito grandes e ainda considerando um fator de utilização de 70% devido à utilização de posições destinadas às aeronaves de grande porte por aeronaves menores obtém-se um total necessário de 61 posições de parada de aeronaves.

O Boeing 747 em operações de saída rebocada ocupa uma área de 4 845 m². Consequentemente, a área de pátio com um mínimo de 61 posições de parada de aeronaves considerando que todas as posições são projetadas para aeronaves de grande porte deve ser de 295 545 m².

Para comportar essa quantidade de posições de parada o *layout* do terminal de passageiros deve ser avaliado e se necessário construídas posições de parada remotas com acesso por meio de ônibus ou outro meio de condução.

5 CONCLUSÕES

A configuração geométrica proposta para o novo aeroporto internacional de Porto Alegre, de acordo com as condições amplamente discutidas ao longo deste estudo, pode ser observada no Apêndice B. Outras plantas, como o Plano Básico de Zoneamento de Ruído e de Proteção do Aeródromo, podem ser visualizadas nos Apêndices C e D. Essas plantas são essenciais para a escolha final do sítio de implantação do aeroporto uma vez que permitem visualizar a interferência do mesmo com as cidades vizinhas.

A intenção deste trabalho, devido ao seu cunho acadêmico, é servir de base, e ser uma opção viável, para a decisão de construção do novo aeroporto internacional da região metropolitana de Porto Alegre.

O trabalho aqui apresentado é uma proposta inicial, e que em caso de implantação deve ser amplamente discutida, aprofundada e complementada com outros projetos, como drenagem, canteiro de obras, instalações elétricas e outras disciplinas adicionais. Além disso, alternativas de geometria que busquem outras condições de projeto devem ser verificadas para que se possa escolher aquela que atenda da melhor maneira possível as necessidades da região.

Em termos das questões financeiras do projeto, tendo como base as concessões de aeroportos que ocorreram recentemente e as que devem ocorrer nos próximos anos, e o custo de implantação de um complexo logístico da magnitude que se pretende na região, deve-se levar em consideração a atuação da iniciativa privada, tanto na construção de um novo aeroporto quanto na operação do mesmo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIRBUS. **A380 Airplane Characteristics for Airport Planning**. 2011.

AIRBUS. **A320 Aircraft Characteristics for Airport and Maintenance Planning**. 2012.

AIRBUS. **A330 Airplane Characteristics for Airport Planning**. 2012.

ANAC. **Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos - PZR**. v. RBAC 161, 2011.

ANAC. **Projeto de Aeródromos**. v. RBAC 154, 2012.

BOEING. **737 Airplane Characteristics for Airport Planning**. 2005.

BOEING. **767 Airplane Characteristics for Airport Planning**. 2005.

BOEING. **777 Airplane Characteristics for Airport Planning**. 2009.

COMAER. Portaria N° 256/GC5. 2011.

COMAER. REDEMET. **Rede de Meteorológica do Comando da Aeronáutica**. Disponível em: <<http://www.redemet.aer.mil.br/>>. Acesso em: 20 set. 2012.

FAA. **Airport Capacity and Delay**. 1983.

HORONJEFF, R.; MCKELVEY, F. X. **Planning and Design of Airports**. 2010.

IAC. **Demanda detalhada dos aeroportos brasileiros**. v. 1, 2005.

ICAO. **Airport Planning Manual**. 2nd. ed. 1987.

ICAO. **Annex 14 - Aerodrome Design and Operations**. 2004.

ICAO. **Aerodrome Design Manual - Part 2 - Taxiways, Aprons and Holding Bays**. 2005.

ICAO. **Aerodrome Design Manual - Part 1 - Runways**. 2006.

ICEA. Banco de Dados Climatológico, 2012. Disponível em: <http://clima.icea.gov.br/clima/RelVelDirVento_MesesSeguidos.php>. Acesso em: 14 setembro 2012.

ICEA. Temperaturas de Referência, 2012. Disponível em: <http://www.icea.gov.br/climatologia/produtos_climatologicos/sbpa/temperatura_de_referencia.htm>. Acesso em: 21 Agosto 2012.

INFRAERO, 2012. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/obras/index.php/br/porto-alegre>>. Acesso em: 9 Julho 2012.

INFRAERO, 2012. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br/index.php/br/estatistica-dos-aeroportos.html>>. Acesso em: 9 Julho 2012.

INFRAERO acena com definição de novo aeroporto na Capital. **Zero Hora**, Porto Alegre, 10 Outubro 2012.

MAPMART. Global Mapping Solutions, 2012. Disponível em: <<http://www.mapmart.com/>>. Acesso em: 28 jun. 2012.

NGDC. National Geophysical Data Center, 2012. Disponível em: <<http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/>>. Acesso em: 23 ago. 2012.

PORTO Alegre, Recife e Salvador precisarão de novo aeroporto, diz INFRAERO. **VEJA**, Março 2012.

SIMON, G. Governo Federal tem interesse em novo aeroporto na Grande Porto Alegre. **Porto Imagem**, Porto Alegre, Março 2012.

APÊNDICE A - ANEMOGRAMA E DIREÇÃO DA PISTA

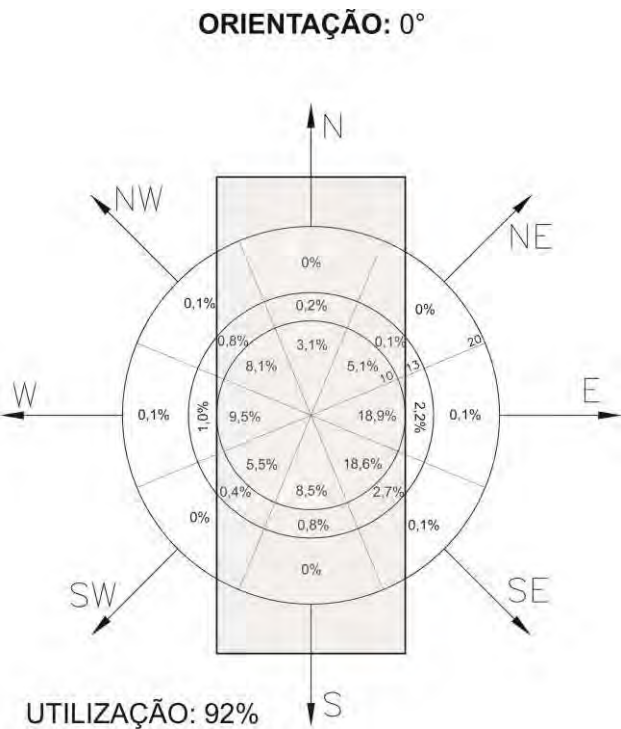


Figura A1 – Direção 0°

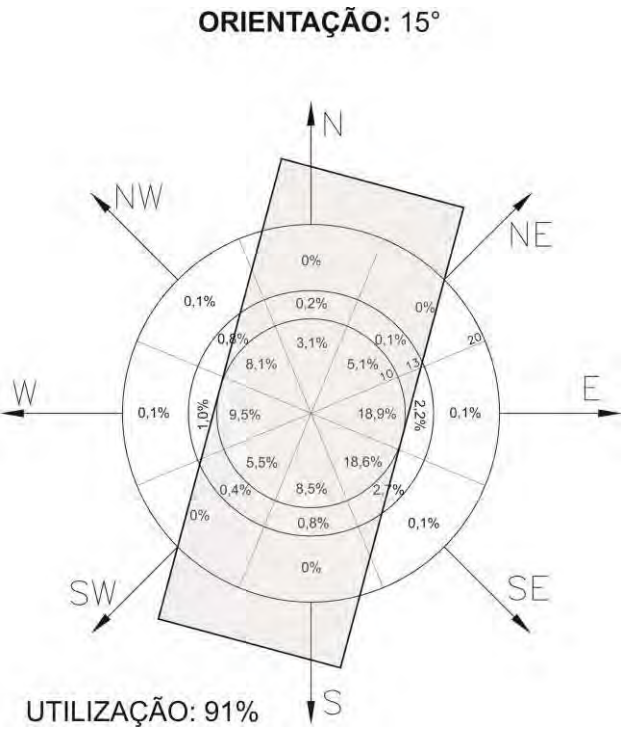


Figura A2 – Direção 15°

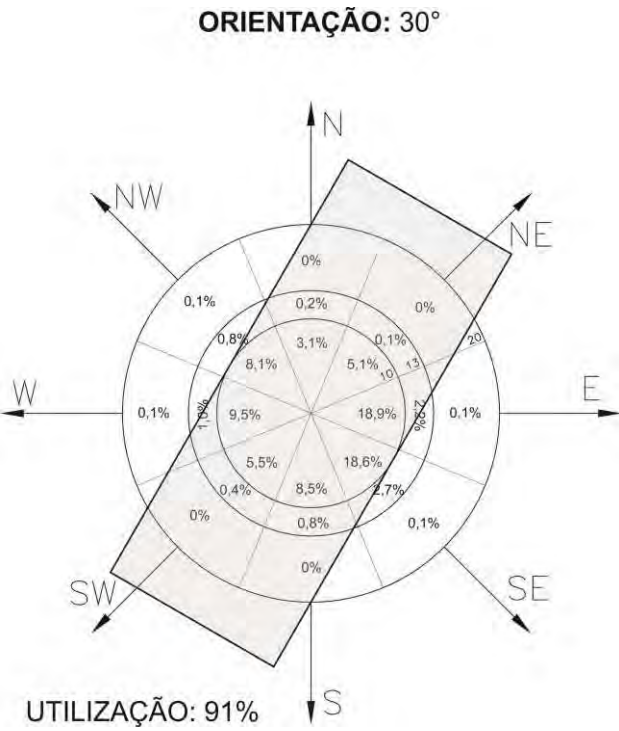


Figura A3 – Direção 30°

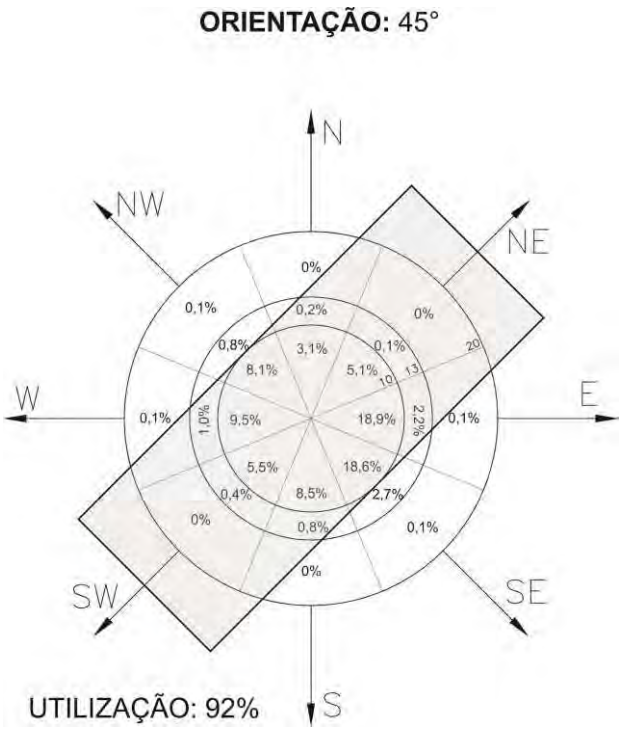


Figura A4 – Direção 45°

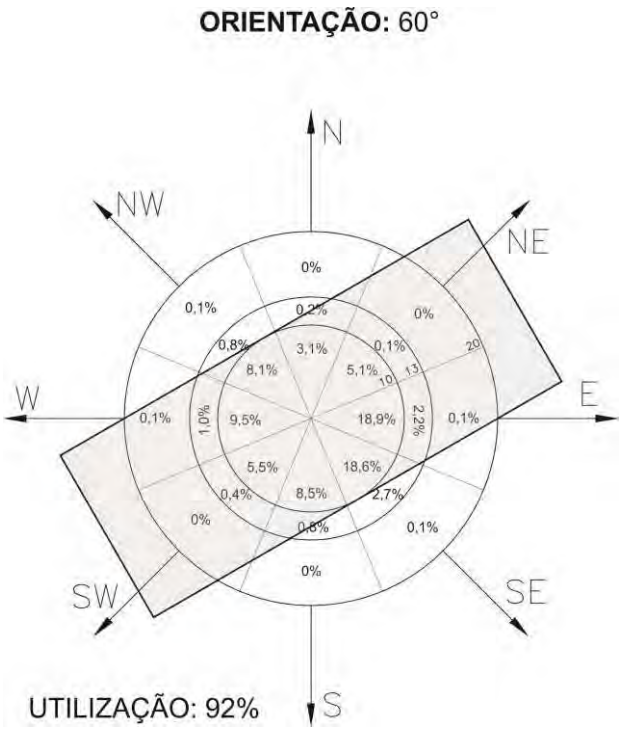


Figura A5 – Direção 60°

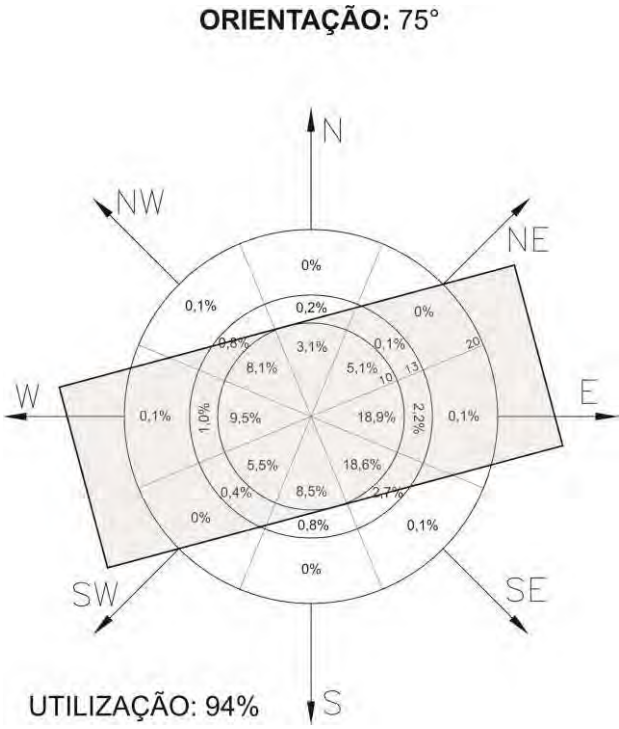


Figura A6 – Direção 75°

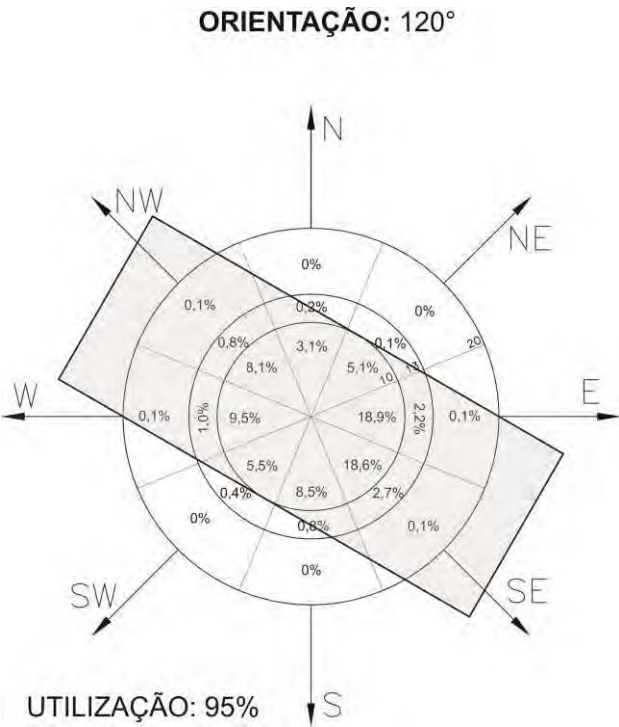


Figura A9 – Direção 120°

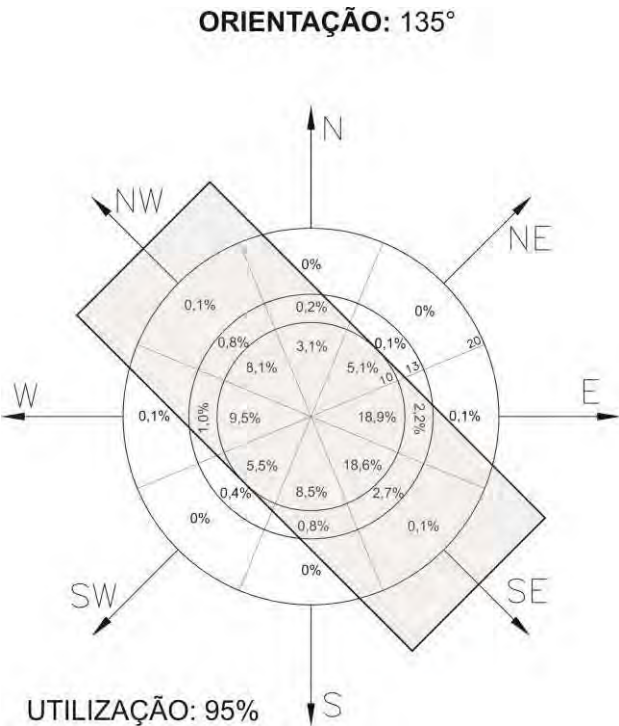


Figura A10 – Direção 135°

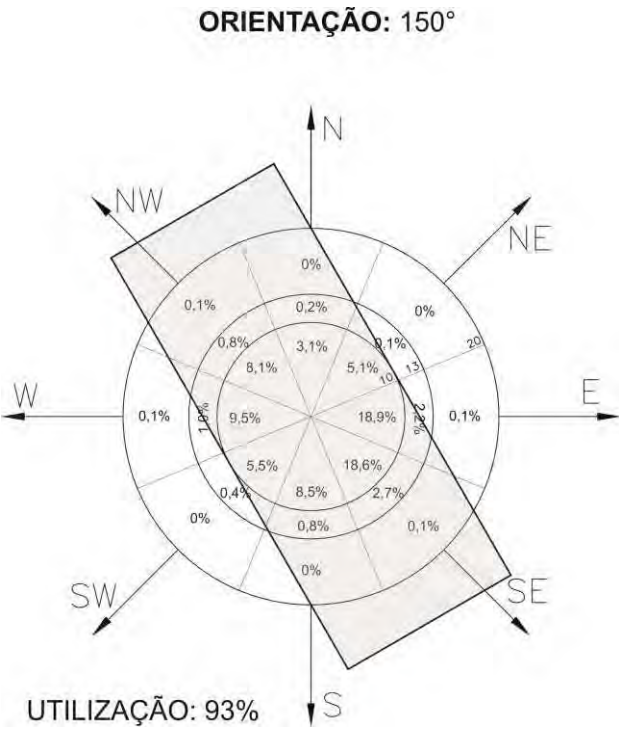


Figura A11 – Direção 150°

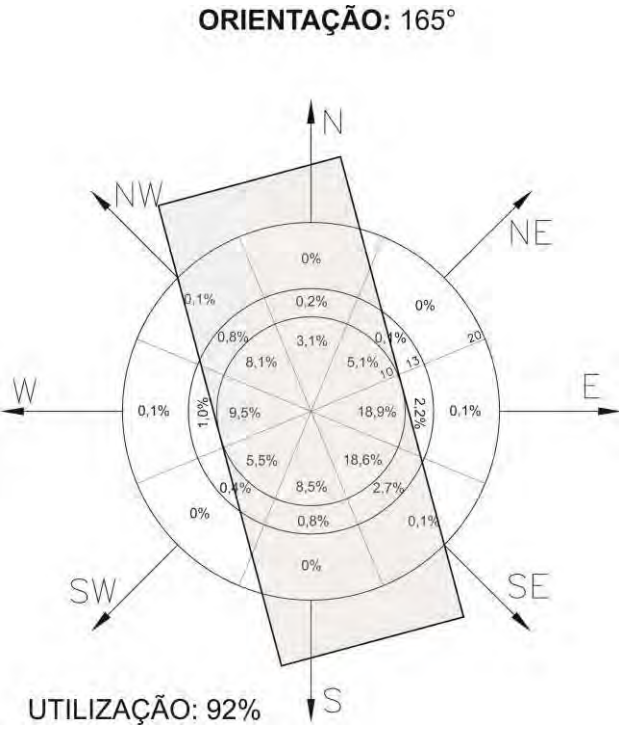
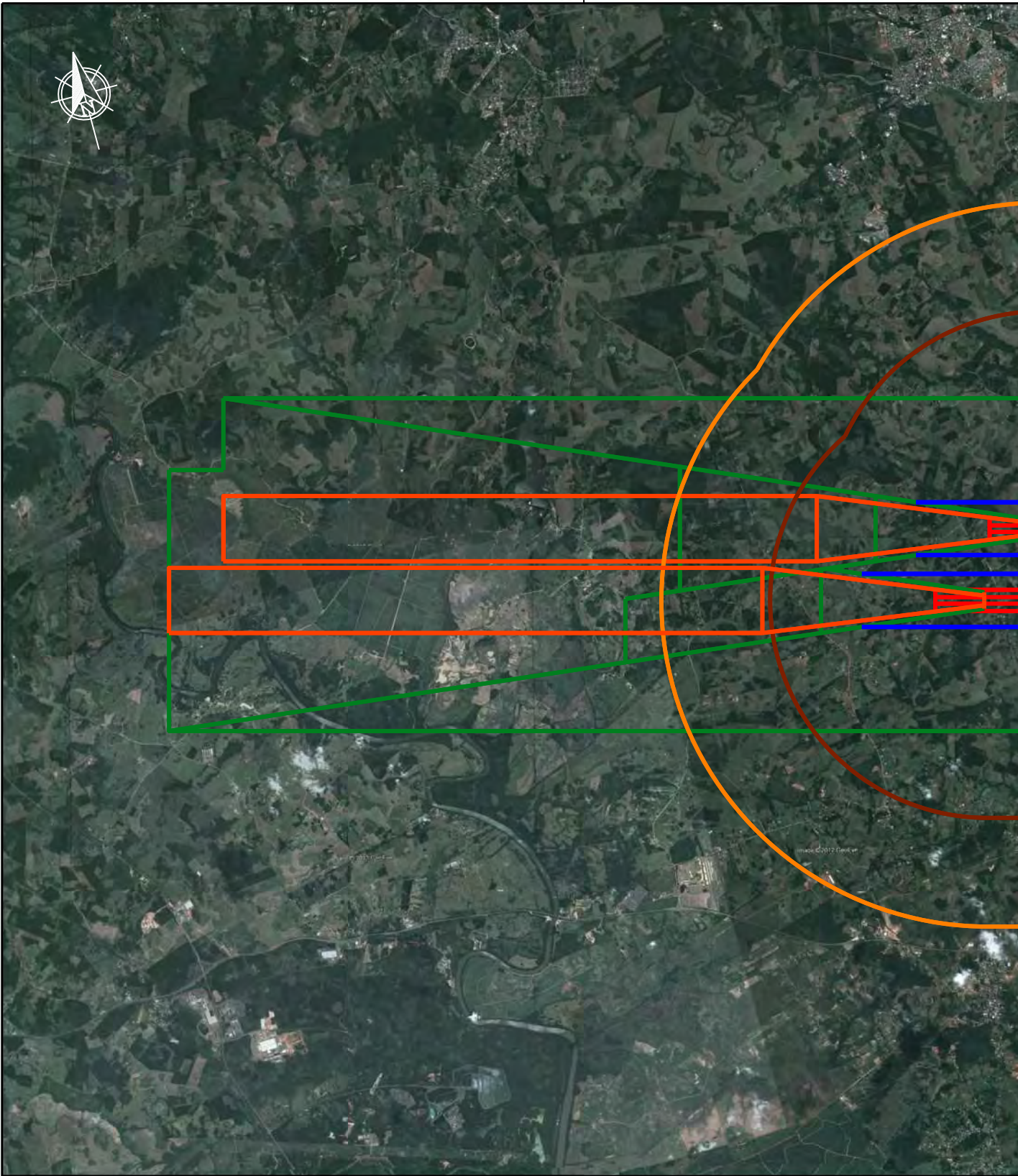


Figura A12 – Direção 165°



LEGENDA

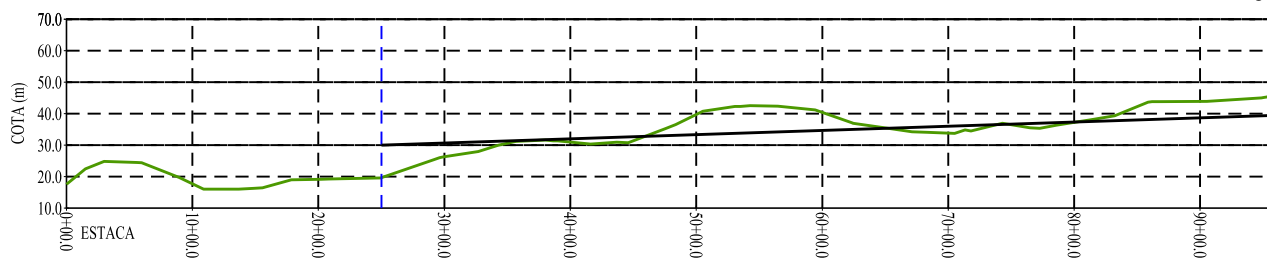
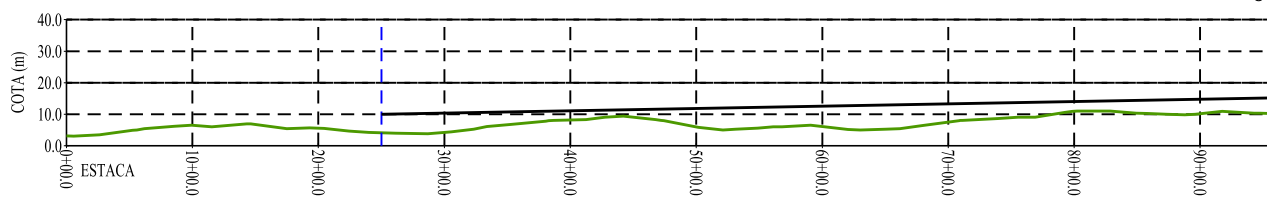
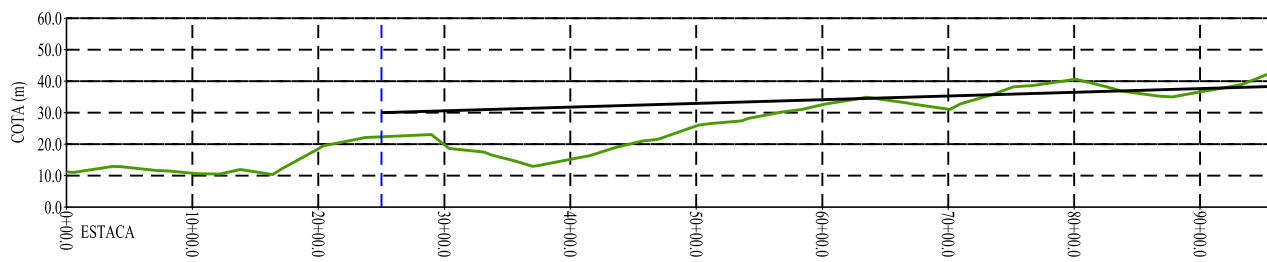
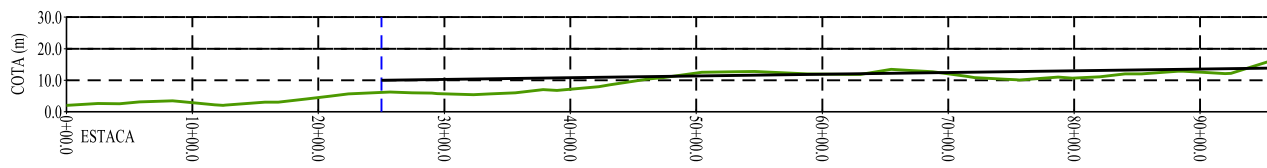
-  Zona de aproximação
-  Superfícies livres de obstáculos
-  Superfície de transição
-  Superfície horizontal interna
-  Superfície cônica
-  Superfície de decolagem

CORES	Esp. mm
Red	0.100
Yellow	0.200
Green	0.300
Cyan	0.400
Blue	0.500
Magenta	0.600



NOTAS

CORES	Esp. mm
Red	0.100
Yellow	0.200
Green	0.300
Cyan	0.400
Blue	0.500
Magenta	0.600



NOTAS

CORES	Esp. mm
Red	0.100
Yellow	0.200
Green	0.300
Cyan	0.400
Blue	0.500
Magenta	0.600

APÊNDICE F – FOTOS AÉREAS DO SÍTIO



Figura F1 – Foto aérea com o Rio dos Sinos e as cidades do entorno



Figura F2 – Foto aérea evidenciando a topografia da área



Figura F3 – Foto Aérea evidenciando a ocupação do solo no entorno



Figura F4 – Foto aérea evidenciando a vegetação da área



Figura F5 – Foto aérea evidenciando a região alagadiça próxima ao Rio dos Sinos

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO

1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 19 de novembro 2012	3. REGISTRO Nº DCTA/ITA/TC-070/2012	4. Nº DE PÁGINAS 78
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Proposta de projeto geométrico do lado-ar para o novo Aeroporto Internacional de Porto Alegre – RS.			
6. AUTOR(ES): Eduardo Saraiva Borges			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Infraestrutura aeroportuária, Geometria horizontal, Aeroporto internacional de Porto Alegre			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Aeroportos; Planejamento de aeroportos; Infraestrutura (transporte); Porto Alegre; Planejamento estratégico; Engenharia civil; Engenharia aeroportuária.			
10. APRESENTAÇÃO: X Nacional Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientadores: Prof. Dr. Cláudio Jorge Pinto Alves; Maj. Eng. Ronaldo Gonçalves de Carvalho. Publicado em 2012.			
11. RESUMO: Este Trabalho de Graduação teve como objetivo pesquisar e identificar uma área no entorno da região metropolitana de Porto Alegre adequada à implantação de um complexo aeroportuário e desenvolver uma proposta de configuração geométrica do lado-ar para o novo aeroporto. Os <i>layouts</i> apresentados foram adotados convenientemente de acordo com as restrições geométricas e com os padrões e recomendações sugeridos pela ANAC. A escolha do sítio foi baseada na área declarada para esse fim pela SEINFRA do Rio Grande do Sul, e as direções e demais características das pistas de pouso determinadas de acordo com as recomendações do RBAC 154. Foi utilizado ainda um Modelo Digital de Elevação (DEM), com resolução de 90 m, para ajudar na escolha do local de implantação, permitindo a visualização do perfil longitudinal dos eixos das pistas em diferentes direções. As imagens de satélite da área selecionada foram obtidas através do software Google Earth Pro e utilizadas para verificar a influência das zonas de proteção do aeródromo e dos planos diretores das cidades vizinhas. Os <i>fillets</i>, necessários para a operação segura das aeronaves tanto em saídas de pista quanto nas demais pistas de táxi, foram projetados e os cálculos apresentados. Foram feitas considerações quanto à operação de aeronaves de grande porte como o A380, de modo que os distanciamentos necessários para operação dessas aeronaves foram respeitados possibilitando expansões futuras com o mínimo de impactos na geometria do aeroporto.			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			