

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
NORIE - NÚCLEO ORIENTADO PARA A INOVAÇÃO DA EDIFICAÇÃO**

**MEDIÇÕES DE RUÍDO AERONÁUTICO DENTRO DA ÁREA
II DO PLANO ESPECÍFICO DE ZONEAMENTO DE RUÍDO
DO AEROPORTO SALGADO FILHO, PORTO ALEGRE / RS**

Luciano Baldino Nabinger

Porto Alegre

2005

LUCIANO BALDINO NABINGER

**MEDIÇÕES DE RUÍDO AERONÁUTICO DENTRO DA ÁREA
II DO PLANO ESPECÍFICO DE ZONEAMENTO DE RUÍDO
DO AEROPORTO SALGADO FILHO, PORTO ALEGRE / RS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Engenharia Civil da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Mestre em
Engenharia na modalidade Acadêmico

Orientador: Prof. Miguel Aloysio Sattler

Porto Alegre

2005

N116m Nabinger, Luciano Baldino

Medições de ruído aeronáutico dentro da área II do plano específico de zoneamento de ruído do Aeroporto Salgado Filho, Porto Alegre/RS. / Luciano Baldino Nabinger. – 2005.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, BR-RS, 2005.

Orientação: Prof. Dr. Miguel Aloysio Sattler

1. Ruído – Medição. 2. Ruído urbano. 3. Aeronave. I Sattler, Miguel Aloysio, orient. II. Título.

CDU-534.83(043)

LUCIANO BALDINO NABINGER

**MEDIÇÕES DE RUÍDO AERONÁUTICO DENTRO DA ÁREA
II DO PLANO ESPECÍFICO DE ZONEAMENTO DE RUÍDO
DO AEROPORTO SALGADO FILHO, PORTO ALEGRE / RS.**

Porto Alegre, outubro de 2005

Prof. Miguel Aloysio Sattler
Dr. pela Universidade de Sheffield, Inglaterra
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ana Raabe Abitante (PPGEC/ UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Bernardo Liberman (ULBRA)
Dr. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Flávio Maya Simões (UNIRITTER)
Dr. pela Universidade de Sevilha, Espanha

Prof. Stelamaris Rolla Bertoli (UNICAMP)
Dra. pela Universidade de Campinas

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, mais especificamente ao Núcleo Orientado para Inovação da Edificação – NORIE, aos seus funcionários, professores e colegas, que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização desta pesquisa.

Ao professor Sattler pela experiente orientação, assim como pelo seu exemplo de coletividade na luta por um mundo mais sustentável.

Ao grande amigo, professor e mentor Flávio Maya Simões pelos ensinamentos profissionais e pessoais, assim como seu estímulo otimista e compreensão permanente.

Ao professor Jules G. Slama e à arquiteta Ana Paula Gama, assim como todo o grupo da COPPE / UFRJ, pela ajuda e material fornecido.

À INFRAERO e especialmente ao Sr. Eduardo Renato Ludwig, da Coordenação de Tráfego e Facilitação – OPPA 1, pelo fornecimento de dados de fluxo aéreo, indispensáveis à elaboração desta pesquisa.

Aos meteorologistas da estação da INFRAERO, pelos dados e curso oferecidos, assim como ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, 8º distrito de Meteorologia – 8º DISME.

À empresa B&K, do Brasil, por ter gentilmente cedido o software utilizado nesta pesquisa, imprescindível para a qualidade atingida. Um agradecimento especial ao Sr. Marcos Piai que se empenhou, pessoalmente, neste apoio.

Aos meus pais pelo amor e dedicação e por minha formação moral.

Aos meus irmãos: Paula e Gustavo. Agradeço de coração, toda ajuda e compreensão.

À minha namorada e companheira: Clarice Franke, pela alegria e apoio incondicional.

Aos amigos: Duílio, Juliano, Édison, Ricardo, Bruno, Luiz, Lucas, Diego, Tiago, Dennis, Fernando, Brigante e Bocão.

Dedico essa realização pessoal à minha família e, em especial, à memória de minha avó Amália Belegni Baldino.

"Projetistas fazem canais, arqueiros
airam flechas, artífices modelam a
madeira o barro, o homem sábio
modela-se a si mesmo".

Buda Gautama Sakyamuni

RESUMO

Este trabalho¹ expõe e analisa resultados de medições acústicas de aeronaves; realizadas dentro da *Área II do Plano Específico de Zoneamento de Ruído- PEZR*. O plano restringe o uso do solo em decorrência das emissões sonoras, oriundas da movimentação das aeronaves para cada um dos 66 aeroportos brasileiros administrados pela INFRAERO. As medições acústicas foram realizadas entre segunda e sexta feira, no período *diurno (entre 7 e 22 horas)* registrando um total de 697 eventos sonoros aeronáuticos, gerados por 62 modelos diferentes de aeronaves. Os procedimentos de aquisição de dados atendem a *ISO 3891 (Procedimentos para descrever o ruído aeronáutico percebido no solo)*, e o *Guia de Monitoramento de Ruído Aeronáutico*, Francês, elaborado pelo *Serviço Técnico da Navegação Aérea- STNA*. Com o uso de softwares, discriminaram-se os *Eventos Aeronáuticos* (passagem de aviões) do *Ruído de Fundo*. Assim, quantificou-se, com razoável precisão, o impacto sonoro causado por ruído aeronáutico e definiram-se os índices: *L50 (Ruído de Fundo)* e o índice *L1 (Eventos Aeronáuticos)*. São apresentados os níveis de ruído (*SEL, LMáx, LMín e Leq em dB (A)*) e as análises espectrais (*de 10 a 20.000 Hz, relacionados às curvas NCB, presentes na NBR 12314(ABNT, 1997)*), para cada tipo de aeronave registrada. Verificou-se que o *Fluxo Geral* tem significativa influência nos níveis de ruído emitidos e deve ser levado em consideração nas abordagens de cunho acústico, para este aeródromo. Os níveis diários de exposição ao ruído aeronáutico não atendem aos níveis recomendados *pela NBR 10151 (ABNT, 2000)*. Também foi verificado que, no caso de se utilizar o descritor *LMáx* (recomendado pelas instituições internacionais, consagradas, de aviação), os índices de isolamento acústico requeridos na *NBR 8572 (ABNT, 1984)*, não atendem aos níveis de conforto acústico, dentro de edificações, estabelecidos *pela NBR 10152 (ABNT, 1987)*, dependendo do tipo de procedimento (pouso ou decolagem) e aeronave analisada.

Palavras-chave: Medições acústicas, ruído aeronáutico, ruído urbano, aviões.

¹ NABINGER, L. Medições de ruído aeronáutico dentro da *Área II do Plano Específico de Zoneamento de Ruído* para o Aeroporto Salgado Filho, Porto Alegre / RS. 2005. 183 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

ABSTRACT

The present work² presents and analyzes results of acoustic measurements of aircraft, carried out within Area II of the Specific Noise Zoning Plan (PEZR). This plan restricts the use of land as a result of sound emissions originated from aircraft movement for each one of the 66 Brazilian airports administered by INFRAERO. The acoustic measurements have been taken between Monday and Friday, in the day period (between 07:00 AM and 10:00 PM), registering a total of 697 aircraft sound events, caused by 62 different aircraft models. The data acquisition procedures meet ISO 3891 (Procedures for describing the aircraft noise perceived on land), and the French Aeronautic Noise Monitoring guidebook, elaborated by STNA – Air Navigation Technical Service. By using software, the “aircraft events” (flying by aircraft) were discriminated from the background noise. Thus, with a reasonable degree of precision, the sound impact caused by aircraft noise has been quantified, and the rates have been defined: L50 (background noise) and rate L1 (aircraft events). Noise levels are presented (SEL, Lmax, Lmin and Leq in dB_(A)), and the spectral analyses (from 10 to 20,000 Hz), related to NCB curves present in NBR 12314 (ABNT, 1997) for each type of registered aircraft. It has been verified that the general flow has a significant influence on the levels of issued noise, and it must be taken into consideration in the acoustic area approaches, for this airport. The daily levels of exposure to aircraft noise do not meet the levels recommended by NBR 10151 (ABNT 2000a). It was also verified that if the Lmax describer is utilized (recommended by the international aviation institutions), the acoustic insulation levels required by NBR 8572 (ABNT, 1984), do not fully meet the levels of acoustic comfort inside buildings, as set by NBR 10152 (ABNT, 1987), according to the type of analyzed aircraft.

Keywords: Acoustic measurements; aircraft noise; urban noise; aircraft.

² NABINGER, L. 1 NABINGER, L. ‘Aircraft noise measurement within Área II of the Specific Noise Zoning Plan for Salgado Filho Airport, Porto Alegre, RS’. 2005. 183 (Master’s of Engineering) – Post graduation Program of Civil Engineering, UFRGS, Porto Alegre.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO E DISCRIMINAÇÃO DOS PRINCIPAIS AERÓDROMOS ADMINISTRADOS PELA INFRAERO...	15
FIGURA 2. LOCALIZAÇÃO DO AEROPORTO SALGADO FILHO EM RELAÇÃO AO CENTRO DA CIDADE DE PORTO ALEGRE E VISUALIZAÇÃO DAS CURVAS DELIMITANDO A ÁREA II ESTABELECIDADA PELO PEZR.....	23
FIGURA 3. PROPAGAÇÃO SONORA INFLUENCIADA PELO AUMENTO DE TEMPERATURA	37
FIGURA 4. PROPAGAÇÃO SONORA INFLUENCIADA PELA DIMINUIÇÃO DE TEMPERATURA	37
FIGURA 5. PROPAGAÇÃO SONORA INFLUENCIADA PELA DIREÇÃO DO VENTO	38
FIGURA 6. ILUSTRAÇÃO DO SEL EM RELAÇÃO AO LEQ	39
FIGURA 7. VISUALIZAÇÃO DE 3 EVENTOS SONOROS DE ORIGEM AERONÁUTICA E OS NÍVEIS ESTATÍSTICOS LN DO PERÍODO SELECIONADO	41
FIGURA 8. PEZR “PLANO ESPECÍFICO DE ZONEAMENTO DE RUÍDO” PARA O AEROPORTO DE PORTO ALEGRE.....	51
FIGURA 9. ESQUEMA DO PLANO DE ZONEAMENTO DE RUÍDO – PZR	52
FIGURA 10. MAPA DE PORTO ALEGRE E LOCALIZAÇÃO DO AEROPORTO INTERNACIONAL SALGADO FILHO.....	56
FIGURA 11. FOTOS DO AEROPORTO INTERNACIONAL SALGADO FILHO.....	58
FIGURA 12. LOCALIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÕES ACÚSTICAS E MEDIÇÕES METEOROLÓGICAS E IDENTIFICAÇÃO DAS CABECEIRAS DA PISTA DE RODAGEM.....	65
FIGURA 13. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS PREDOMINANTES DE DIREÇÃO DO VENTO, QUE DETERMINAM O SENTIDO DO POUSO E A RESPECTIVA CABECEIRA DE ATERRISSAGEM	68
FIGURA 14. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DE DIREÇÃO DE VENTO, QUE DETERMINAM O SENTIDO MENOS FREQUENTE DO POUSO E A RESPECTIVA CABECEIRA DE ATERRISSAGEM	69
FIGURA 15. DISTÂNCIA ENTRE O PONTO DE MEDIÇÃO ACÚSTICA E A CABECEIRA 29 DA PISTA DE RODAGEM	71
FIGURA 16. CAIXA DE ÁGUA (FOTO À ESQUERDA) E POSICIONAMENTO DO SONÔMETRO SOBRE A MESMA.....	72
FIGURA 17. FOTOS TIRADAS NO PONTO DE MEDIÇÃO ACÚSTICA: AVIÃO EM OPERAÇÃO DE POUSO, APROXIMANDO-SE DO AEROPORTO SALGADO FILHO	72
FIGURA 18. SONÔMETRO B&K MODELO 2260 E TRANSFERÊNCIA DE DADOS	75
FIGURA 19. TELA PRINCIPAL DO SOFTWARE EVALUATOR, UTILIZADO PARA A ANÁLISE DOS DADOS ACÚSTICOS.	76
FIGURA 20. TELA DO SOFTWARE EVALUATOR: EVENTO SONORO CAUSADO NA PASSAGEM DE UM AVIÃO MODELO B737-200 E ANÁLISE FREQUÊNICAL DO EVENTO SELECIONADO	78
FIGURA 21. PASSO UM DEMONSTRA A SELEÇÃO DE UM EVENTO SONORO E O PASSO DOIS A SUBTRAÇÃO DE UM EVENTO NO ARQUIVO DE RAIZ	79
FIGURA 22. PARTICIPAÇÃO DOS VÔOS COMERCIAIS EM RELAÇÃO AOS VÔOS GERAIS E POUSOS, EM RELAÇÃO ÀS DECOLAGENS.....	80
FIGURA 23. EMPRESAS AÉREAS RESPONSÁVEIS PELO FLUXO AÉREO REGULAR (IMAGEM À ESQUERDA) E TIPOS PREDOMINANTES DE EQUIPAMENTOS REGISTRADOS	82
FIGURA 24. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DO B732, MEDIDOS E CURVAS NCB PRESENTES NA NBR 12314.....	84
FIGURA 25. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DO B733, MEDIDOS, E CURVAS NCB PRESENTES NA NBR 12314.....	85
FIGURA 26. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DO B735, MEDIDOS E CURVAS NCB PRESENTES NA NBR 12314.....	86
FIGURA 27. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DO B737, MEDIDOS E CURVAS NCB PRESENTES NA NBR 12314.....	87

FIGURA 28. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DO B738, MEDIDOS E CURVAS NCB PRESENTES NA NBR 12314	88
FIGURA 29. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DO A320, MEDIDOS E CURVAS NCB PRESENTES NA NBR 12314	89
FIGURA 30. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DO E120, MEDIDOS E CURVAS NCB PRESENTES NA NBR 12314	90
FIGURA 31. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DO E145, MEDIDOS E CURVAS NCB PRESENTES NA NBR 12314	91
FIGURA 32. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DO F100, MEDIDOS E CURVAS NCB PRESENTES NA NBR 12314	92
FIGURA 33. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DO F27, MEDIDOS E CURVAS NCB PRESENTES NA NBR 12314	93
FIGURA 34. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DO MD-11, MEDIDOS E CURVAS NCB PRESENTES NA NBR 12314	94
FIGURA 35. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DE POUSOS, MEDIDOS EM LEQ MÁX NAS FREQUÊNCIAS EM TERÇOS DE OITAVA E RELAÇÃO COM AS CURVAS NCB PRESENTES NA NBR 12314	96
FIGURA 36. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DE DECOLAGENS, MEDIDOS EM LEQ MÁX, NAS FREQUÊNCIAS EM TERÇOS DE OITAVA E RELAÇÃO COM AS CURVAS NCB, PRESENTES NA NBR 12314	97
FIGURA 37. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DE POUSOS, MEDIDOS EM LEQ, NAS FREQUÊNCIAS EM TERÇOS DE OITAVA E RELAÇÃO COM AS CURVAS NCB, PRESENTES NA NBR 12314	98
FIGURA 38. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DE DECOLAGENS, MEDIDOS EM LEQ, NAS FREQUÊNCIAS EM TERÇOS DE OITAVA E RELAÇÃO COM AS CURVAS NCB, PRESENTES NA NBR 12314	99
FIGURA 39. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DE POUSOS, MEDIDOS EM LEQ MIN, NAS FREQUÊNCIAS EM TERÇOS DE OITAVA E RELAÇÃO COM AS CURVAS NCB, PRESENTES NA NBR 12314	100
FIGURA 40. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, DOS EVENTOS DE DECOLAGENS, MEDIDOS EM LEQ MIN, NAS FREQUÊNCIAS EM TERÇOS DE OITAVA E RELAÇÃO COM AS CURVAS NCB, PRESENTES NA NBR 12314	101
FIGURA 41. NÍVEIS DE RUÍDO MÉDIOS, EM TERÇOS DE OITAVA E RELAÇÃO COM AS CURVAS NCB, PRESENTES NA NBR 12314. DADOS REFERENTES A OPERAÇÕES DE DECOLAGEM E POUSO	102
FIGURA 42. CLASSIFICAÇÃO DAS AERONAVES (POUSO), EM ORDEM DECRESCENTE DE RUÍDO GERADO, CONFORME O ÍNDICE SEL MÉDIO DE CADA AERONAVE E IDENTIFICAÇÃO DO TIPO DE AVIAÇÃO.	105
FIGURA 43. CLASSIFICAÇÃO DAS AERONAVES (DECOLAGEM), EM ORDEM DECRESCENTE DE RUÍDO GERADO, CONFORME O ÍNDICE SEL MÉDIO DE CADA AERONAVE E IDENTIFICAÇÃO DO TIPO DE AVIAÇÃO	106
FIGURA 44. GRÁFICO COMPARANDO OS NÍVEIS DE RUÍDO ENTRE DECOLAGENS E POUSO PARA O MESMO TIPO DE AERONAVE.	107
FIGURA 45. RUÍDO E FLUXO AERONÁUTICO, REFERENTES AOS EVENTOS MEDIDOS NO DIA 13/05/2004	117
FIGURA 46. RUÍDO E FLUXO AERONÁUTICO, REFERENTES AOS EVENTOS MEDIDOS NO DIA 17/05/2004	118
FIGURA 47. RUÍDO E FLUXO AERONÁUTICO, REFERENTES AOS EVENTOS MEDIDOS NO DIA 18/05/2004	119
FIGURA 48. RUÍDO E FLUXO AERONÁUTICO, REFERENTES AOS EVENTOS MEDIDOS NO DIA 19/05/2004	120
FIGURA 49. RUÍDO E FLUXO AERONÁUTICO, REFERENTES AOS EVENTOS MEDIDOS NO DIA 21/05/2004	121
FIGURA 50. RUÍDO E FLUXO AERONÁUTICO, REFERENTES AOS EVENTOS MEDIDOS NO DIA 15/10/2004	122
FIGURA 51. RUÍDO E FLUXO AERONÁUTICO, REFERENTES AOS EVENTOS MEDIDOS NO DIA 20/10/2004	123
FIGURA 52. RUÍDO E FLUXO AERONÁUTICO, REFERENTES AOS EVENTOS MEDIDOS NO DIA 21/10/2004	124
FIGURA 53. RUÍDO E FLUXO AERONÁUTICO, REFERENTES AOS EVENTOS MEDIDOS NO DIA 26/10/2004	125
FIGURA 54. RUÍDO E FLUXO AERONÁUTICO, REFERENTES AOS EVENTOS MEDIDOS NO DIA 08/11/2004	126

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. ÍNDICE SEL CALCULADO PARA UMA EXPOSIÇÃO SONORA A UM RUÍDO CONTÍNUO 85dB(A), LEQ, EM DIFERENTES TEMPOS DE EXPOSIÇÃO	40
TABELA 2. ISOLAMENTO REQUERIDO PARA EDIFICAÇÕES SITUADAS DENTRO DA ÁREA II	52
TABELA 3. NÍVEIS DE RUÍDO MÁXIMOS INDICADOS PELA NBR 10151, CONFORME O TIPO DE ÁREA.....	54
TABELA 4. NÍVEIS MÁXIMOS DE RUÍDO RECOMENDADOS EM DIFERENTES TIPOS DE EDIFICAÇÕES, PARA CONFORTO ACÚSTICOS, PRESENTES NA NBR 10152	55
TABELA 5. DADOS TÉCNICOS DO AEROPORTO SALGADO FILHO.....	59
TABELA 6. DADOS TÉCNICOS DAS AERONAVES MAIS REPRESENTATIVAS DO FLUXO NO AEROPORTO SALGADO FILHO.....	64
TABELA 7. CARACTERIZAÇÃO DO TIPO DE FLUXO, DIURNO, DO AEROPORTO SALGADO FILHO.	81
TABELA 8. RESUMO DOS GRÁFICOS NCB APRESENTADOS COM A CLASSIFICAÇÃO DAS AERONAVES, EM ORDEM DECRESCENTE DE RUÍDO GERADO, CONFORME O ÍNDICE DE LEQ, PARA TODA A FROTA REGULAR OPERANTE NO PERÍODO.	104
TABELA 9. RESUMO DO RUÍDO DE FUNDO DE CADA DIA EM PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DO CONJUNTO DOS DEZ DIAS ANALISADOS	108
TABELA 10. RESUMO DE CADA DIA E RELAÇÕES MATEMÁTICAS DO CONJUNTO DOS DEZ DIAS ANALISADOS	110
TABELA 11: PERCEPÇÃO HUMANA DIANTE DE MUDANÇAS NO NÍVEL SONORO	111
TABELA 12. CLASSIFICAÇÃO DO NÍVEL DE INCÔMODO E AS PROVÁVEIS REAÇÕES NA COMUNIDADE, CONFORME A DIFERENÇA ENTRE O RUÍDO ANALISADO E O RUÍDO DE FUNDO.	112
TABELA 13. NÍVEIS MÁXIMOS DE RUÍDO AMBIENTAL INDICADOS PELA NBR 10151	112
TABELA 14. EFICIÊNCIA DA NBR 10152 PARA UMA SITUAÇÃO HIPOTÉTICA DE DORMITÓRIO COM ISOLAMENTO ACÚSTICO DE ACORDO COM A NBR 8572.	114

LISTA DE ABREVIACOES

- **ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- **B&K** - BRÜEL & KJAER;
- **CONAMA** – Conselho Nacional de Meio Ambiente;
- **IAC** – Instituto de Aviação Civil;
- **IBAMA** - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis;
- **INFRAERO** - Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária;
- **ISO** - International Organization for Standardization;
- **OACI** – Organização de Aviação Civil Internacional;
- **OFEFP-OFS**. Office Fdral de L'nvironnement des Forts et du paysage – Office Federal de l'tatistique;
- **OMS** – Organização Mundial da Saúde;
- **PBZR** – Plano Básico de Zoneamento de Ruído;
- **PEZR** – Plano Específico de Zoneamento de Ruído;
- **PZR** – Plano de Zoneamento de Ruído;
- **STNA** – Service Technique de la Navigation Arienne;

LISTA DE TERMOS TÉCNICOS

- **rea II** – rea delimitada por Isocurvas de níveis de Ruído e presentes nos PZR. A rea II é uma área além dos limites dos aeródromos que possui restrioes quanto  construção de novas edificaoes, devido ao ruído de origem aeronáutica;
- **Aviação Geral** :  todo o vo não pertencente à Aviação Regular (particulares, vos tipo charter e demais modalidades);
- **Aviação Regular** – São os vos praticados pelas grandes empresas comerciais aéreas (Ex : VARIG, TAM, GOL, VASP, etc.). Os vos praticados apresentam certa regularidade quanto a rotas , horários e dias da semana, conforme cada empresa;
- **Equipamento** – Modelo de Aviação;
- **Leq** – Nível Contínuo Equivalente ;
- **LMáx** – Nível Contínuo Equivalente Máximo;
- **Lmn** – Nível Contínuo Equivalente Mínimo;
- **SEL** ou LAE – Sound Exposure Level;
- **Turno Diurno** – 7 às 22 horas;
- **Turno Noturno** – 22 às 7 horas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA	13
1.2 JUSTIFICATIVA	19
1.3 HIPÓTESES.....	20
1.4 OBJETIVOS.....	20
1.5 MÉTODO EMPREGADO PARA A REALIZAÇÃO DAS MEDIÇÕES	22
1.6 LIMITAÇÕES	22
1.7 DELIMITAÇÃO FÍSICA DO ESTUDO	23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
2.1 RUÍDO E SAÚDE.....	24
2.1.1 Déficit Auditivo	25
2.1.2 Interferência na Comunicação Oral	25
2.1.3 Perturbação do Repouso e do Sono.....	26
2.1.4 Funções Fisiológicas	28
2.1.5 Doenças Mentais	28
2.2 RUÍDO E QUEDA DE DESEMPENHO	29
2.3 CUSTOS DO RUÍDO	30
2.4 RUÍDO URBANO.....	31
2.5 RUÍDO AEROPORTUÁRIO	32
2.6 CONCEITOS ACÚSTICOS DE INTERESSE AO RUÍDO AERONÁUTICO.....	35
2.6.1 O som e o ruído.....	35
2.6.2 O Campo Acústico.....	35
2.6.3 Propagação do som no ar livre.....	36
2.6.3.1 Absorção do ar	36
2.6.3.2 Efeitos das condições meteorológicas	36
2.6.4 Acústica Fundamental.....	38
2.6.5 Nível equivalente de pressão sonora contínua (Leq)	38
2.6.6 Nível total de exposição sonora (SEL).....	39
2.6.7 Distribuição Estatística no Tempo (LN)	41
2.7 MÉTODOS DE MEDIÇÕES ACÚSTICAS EM AEROPORTOS	42
2.7.1 O que é um Índice.....	42
2.7.2 A evolução histórica dos índices aeronáuticos.....	43
2.7.3 Métodos para determinação de incômodo por ruído aeronáutico	45
2.7.3.1 Métodos de avaliação de incômodo baseados em $dB_{(A)}$ e Leq	46
2.7.3.2 Métodos de avaliação de incômodo, baseados no Nível de Ruído Percebido (PNL).....	46

2.7.3.3 Métodos de avaliação de incômodo baseados no Nível Efetivo de Ruído Percebido (EPNL)	46
2.8 RELAÇÃO ENTRE OS NÍVEIS DE RUÍDO E O INCÔMODO SUBJETIVO	47
2.9 ZONAMENTO DE RUÍDO NO BRASIL	47
2.9.1 Resoluções	48
2.10 PLANOS DE ZONEAMENTO DE RUÍDO - PZR	49
2.10.1 O Plano Básico de Zoneamento de Ruído – PBZR	49
2.10.2 O Plano Específico de Zoneamento de Ruído - PEZR	50
2.11 COMENTÁRIOS SOBRE A NBR 8572	51
2.12 COMENTÁRIOS SOBRE A NBR 10151	54
2.13 COMENTÁRIOS SOBRE A NBR 10152	55
2.14 AEROPORTO SALGADO FILHO	56
2.15 EVOLUÇÃO DO TRANSPORTE AÉREO NO BRASIL	60
2.16 CLASSIFICAÇÃO DE AERONAVES CONFORME O ANEXO 16 DA OACI	62
2.17 DADOS TÉCNICOS DE AERONAVES MONITORADAS	64
3 METODOLOGIA	65
3.1 FORMAÇÃO DO BANCO DE DADOS	65
3.1.1 Fluxo de aeronaves	66
3.1.2 Dados meteorológicos	67
3.1.3 Medições Acústicas	70
3.1.3.1 Localização	70
3.1.3.2 Equipamento e parâmetros utilizados	73
3.1.3.3 Transcrição das medições acústicas	75
3.1.3.4 Uso do Software Evaluator	76
3.1.3.5 Seleção de um evento	77
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
4.1 MÉDIAS DIÁRIAS DE FLUXO REGULAR	81
4.2 AVIAÇÃO REGULAR	82
4.3 EQUIPAMENTOS RESPONSÁVEIS POR 94% DO FLUXO, REGULAR DIURNO, DO AEROPORTO SALGADO FILHO	83
4.3.1 Boeing 737-200 (B732)	84
4.3.2 Boeing 737-300 (B733)	85
4.3.3 Boeing 737-500 (B735)	86
4.3.4 Boeing 737-700 (B737)	87
4.3.5 Boeing 737-800 (B738)	88
4.3.6 AirBus 320-200 (A320)	89
4.3.7 Embraer 120 (E120)	90
4.3.8 Embraer 145 (E145)	91
4.3.9 Fokker 100 (F100)	92

	12
4.3.10 Fokker 27 (F27)	93
4.3.11 MacDonnell Douglas 11 (MD-11)	94
4.4 ESPECTROS DE FREQUÊNCIAS DE CADA TIPO DE AERONAVE E DO CONJUNTO DE AERONAVES MEDIDAS.....	95
4.5 MODELOS DE AERONAVES E ÍNDICES ACÚSTICOS.....	105
4.5.1 Comparação entre diferentes tipos de aeronaves	105
4.5.2 Comparativo entre Decolagens e Pousos para mesmos tipos de aeronaves	107
4.6 RUÍDO DE FUNDO	108
4.7 NÍVEIS GLOBAIS DIÁRIOS DE EXPOSIÇÃO AO RUÍDO AERONÁUTICO.....	109
4.8 APLICAÇÃO DA NBR 10151	112
4.9 VERIFICAÇÃO DA EFICÁCIA DA NBR 8572 EM RELAÇÃO À NBR 10152.....	113
4.10 HISTÓRICO DIÁRIO E IDENTIFICAÇÃO DOS EVENTOS.....	115
5 CONCLUSÕES.....	127
5.1 MÉDIAS DIÁRIAS DE FLUXO REGULAR	127
5.2 MODELOS DE AERONAVES E ÍNDICES ACÚSTICOS.....	127
5.3 RUÍDOS DE POUSOS x RUÍDOS DE DECOLAGENS	128
5.4 RUÍDO DE FUNDO	128
5.5 VERIFICAÇÃO DA EFICÁCIA DA NBR 8572 EM RELAÇÃO À NBR 10152.....	128
5.6 CLASSIFICAÇÃO DO RUÍDO EM RELAÇÃO À NBR 10.151.....	129
5.7 SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	129
5.7.1 Ampliação do banco de dados	129
5.7.2 Verificação da perda de transmissão em esquadrias	131
5.7.3 Concentrar as pesquisas em variáveis com conseqüências econômicas.....	131

1 INTRODUÇÃO

Nos países em desenvolvimento, não somente o ruído no local de trabalho, mas igualmente no meio ambiente é um fator de risco ascendente para o déficit auditivo. No mundo todo, o déficit auditivo devido ao ruído é o perigo mais freqüentemente observado no meio de trabalho, estimando-se que 120 milhões de pessoas tenham dificuldades de audição. A Organização Mundial da Saúde - OMS (2004) considera que a poluição sonora do meio ambiente é, nos dias de hoje, menos grave, apenas, que a poluição do ar e da água. As principais fontes de ruído ambiental incluem os tráfegos aéreos, rodoviários e ferroviários.

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Estudos efetuados na Suíça (MULLEWIE, 1999) mostraram que o ruído ligado ao tráfego aéreo é considerado pela população como sendo o mais incômodo dentre os ruídos de tráfego. O número de pessoas fortemente incomodadas é muito mais significativo para os ruídos de tráfego aéreo (54% de pessoas incomodadas), do que um ruído de tráfego rodoviário (26% de pessoas incomodadas) ou do tráfego ferroviário (16% de pessoas incomodadas).

Numerosos efeitos são atribuídos ao ruído advindo dos aviões, sobretudo o incômodo durante as atividades laborais. Este incômodo também afeta o descanso diurno e noturno. Teme-se que exposições mais importantes ao ruído nas proximidades dos aeroportos possam ter efeitos sobre a saúde mental, desempenho e bem estar da vizinhança (OFEFP-OFS, 2002).

Em tendência histórica, os aeródromos de grande porte, foram implantados em regiões desocupadas e distantes do centro urbano das cidades. A construção da infra-estrutura básica (energia elétrica, rede de esgoto, abastecimento de água, telefonia, correios, acesso rodoviário e transporte urbano) necessária, transformou os locais em ótimas opções para a expansão da malha urbana e especulação imobiliária. O acelerado desenvolvimento dessas regiões, muitas vezes, sem a fiscalização necessária por parte das prefeituras, acabou repercutindo em ocupações desordenadas e ilegais do solo, com edificações

excessivamente próximas às pistas de rodagem. Essa situação é recorrente no mundo todo e, hoje em dia, gera conflitos entre os aeroportos e as comunidades vizinhas.

Ao longo dos anos, com o aumento no volume do transporte aéreo e a introdução das aeronaves a jato, muito mais ruidosas que as de hélices, o conflito entre os aeródromos e suas áreas vizinhas tem-se agravado. Os principais impactos ambientais são decorrentes diretamente da operação das aeronaves, como o ruído aeronáutico e a emissão de gases oriundos dos motores. A forte poluição atmosférica na proximidade das pistas, mas também os ruídos dos aviões, importunam particularmente a vizinhança. Cada vez mais pessoas sentem essa poluição imediata do meio ambiente, não somente como uma agressão à qualidade de vida, mas como uma situação inaceitável (IAC, 2000c).

Com o intuito de amenizar o problema do ruído no Brasil, o Comando da Aeronáutica criou, através da Portaria nº 1.141/ GM5 (BRASIL, 1987), dois tipos de planos para o ordenamento do solo no entorno dos aeródromos: O Plano Básico de Zoneamento de Ruído – PBZR, para aeródromos de menor porte, e o Plano Específico de Zoneamento de Ruído – PEZR, para os 66 aeroportos de grande porte administrados pela INFRAERO, com mais de 6.000 movimentos anuais de aeronaves da aviação regular³.

A Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária – INFRAERO – é uma empresa pública federal brasileira, criada em 1973, responsável pela administração dos principais aeroportos do país (Figura 1). No total, são 66 aeroportos, que movimentaram mais de 82 milhões de passageiros em 2003, e 81 unidades de apoio à navegação aérea. Com um lucro líquido de 240 milhões de reais em 2004, a INFRAERO também é uma companhia relativamente rentável (INFRAERO, 2004).

³A INFRAERO classifica as movimentações aeroportuárias em dois tipos básicos, sendo eles:

- **Aviação Regular:** são os vôos comerciais regulares de transporte de passageiros, através das grandes companhias aéreas como a Varig, Vasp, Gol, TAM, etc.
- **Aviação Geral:** são todos os outros vôos que não sejam classificados como sendo “regulares”. Neste critério encontramos aviões particulares, táxis aéreos, vôos charter, etc.



Figura 1. Localização e discriminação dos principais Aeródromos administrados pela INFRAERO (Imagem adaptada: INFRAERO, 2004).

Os Planos de Zoneamento de Ruído – PZR, estabelecidos, impõem severas restrições ao uso do solo nas áreas situadas em seu entorno, tendo por finalidade preservar a segurança na operação das aeronaves e a possibilidade de expansão do aeroporto, assim como proteger a comunidade contra o incômodo sonoro e o risco de acidentes. A proteção a acidentes está incluída nos Planos de Zona de Proteção de Aeródromos – ZPA– e na Área de Segurança Aeroportuária - ASA.

A INFRAERO utiliza as recomendações da Organização de Aviação Civil Internacional – OACI⁴, para a formulação de diretrizes para a realização de suas ações. Em fevereiro de 2004, a OACI finalizou um documento sobre a questão da produção de ruído na região de influência dos aeroportos. A OACI define quatro diretrizes, que devem ser levadas em conta no gerenciamento do ruído aeronáutico: a redução de ruído na fonte emissora; a adaptação dos procedimentos de pouso e decolagem para a realidade de cada aeroporto; a

⁴ A OACI (Organização de Aviação Civil Internacional) estuda problemas técnicos, jurídicos e econômicos relativos ao transporte aéreo internacional. Presta serviços de assistência técnica, enviando equipes especializadas aos países em desenvolvimento, procurando organizar e dar maior eficiência aos serviços de infra-estrutura aeronáutica.

restrição da operação de aeronaves em determinados períodos e a fiscalização da ocupação do solo no entorno do sítio aeroportuário, por parte do poder público municipal. Durante o ano de 2004, foram realizados estudos que muniram a INFRAERO com grande quantidade de dados sobre o impacto sonoro das suas unidades (INFRAERO, 2004), tais como:

- a) estudo comparativo dos diferentes métodos de avaliação do ruído aeronáutico;
- b) aprimoramento dos estudos de sensibilidade ao ruído, para os aeroportos de Guarulhos, Brasília, Recife, Galeão, Salvador e Congonhas e análise comparativa entre os mesmos;
- c) cálculo das curvas de ruído;
- d) estudo quanto ao impacto sonoro na população do entorno da área do aeroporto, para 40 aeroportos.

Com base nesses resultados, a INFRAERO tem como meta, para 2005, desenvolver projetos de barreiras acústicas para os aeroportos de Brasília e Congonhas (São Paulo).

No mundo todo, os objetivos fundamentais da gestão do ruído aeronáutico são elaborar os critérios para que se possam estabelecer os **limites dos níveis de exposição ao ruído**, promovendo a **avaliação** e a luta contra o ruído, na escala de elementos de programas de salubridade do meio ambiente.

Os objetivos deverão guiar as políticas internacionais e nacionais para a gestão do ruído: o princípio da precaução, o princípio do poluidor-pagador e a prevenção do ruído. Os custos associados à poluição sonora devem ser assumidos pelos responsáveis pelas fontes de ruído (OMS, 2004). As medidas devem ser tomadas para reduzir o ruído na fonte, sempre que possível.

Um quadro jurídico também se faz necessário para a gestão do ruído. As normas nacionais de ruído podem ser baseadas em diretivas internacionais, como as diretivas sobre o ruído nas comunidades, assim como critérios nacionais para cada país, considerando as relações doses-resposta, para os efeitos do ruído sobre a saúde humana. As normas nacionais deverão levar em consideração fatores tecnológicos, sociais, econômicos e políticos que prevalecem no país. Um programa por etapas para a redução de ruído deverá ser aplicado

para que se atinja, a longo termo, os níveis ótimos de proteção sanitária. Os outros componentes de um plano de gestão do ruído deverão incluir: o monitoramento dos níveis de ruído; a cartografia de exposição de ruídos; a mobilização da comunidade exposta; os métodos de luta contra o ruído (reduções e medidas de precaução) e a avaliação das opções de combate adotadas (OMS, 2004).

A OMS (2004), recomenda concentrar a pesquisa científica e o desenvolvimento em variáveis com conseqüências econômicas, pois representa um avanço considerável para a tomada de consciência do público e dos tomadores de decisões. Isso significa que a pesquisa deve considerar, não somente as relações entre os níveis sonoros e as respostas da comunidade a este, mas, igualmente, as variáveis políticas apropriadas, como o déficit social gerado pelo ruído; uma produtividade reduzida; a diminuição do desempenho em matéria de aprendizado; a abstinência dos locais de trabalho e, nas escolas, a utilização de drogas (soníferos e calmantes) e os acidentes ligados aos efeitos colaterais, quando do uso destas drogas (OMS, 2004).

As medidas de redução e/ou mitigação do ruído aeronáutico se tornam dependentes do poder de mobilização da população atingida por aquela determinada fonte, de fatores econômicos e políticos. Nestes casos, o envolvimento da população exposta, aliado à introdução de medidas restritivas à utilização de aeronaves ruidosas, são condições indispensáveis para o tratamento do problema. Em muitos casos, o impacto do ruído provocado por operações de pouso e decolagem é agravado pela falta de integração entre os Planos de Zoneamento de Ruído – PZR - e as Leis de Zoneamento Urbano Municipais. Em outros casos, o aeroporto é instalado ou ampliado após a urbanização da área, gerando desconforto e prejuízos financeiros à população.

Uma das ferramentas utilizadas para desestimular a utilização de aeronaves ruidosas é a implantação das *Taxas de Ruído*, as quais são acrescentadas às tarifas de pouso, cobradas pelos aeroportos às companhias aéreas pela utilização de suas instalações. As taxas são tão mais elevadas, quanto mais elevados forem os níveis de ruído emitidos por determinado tipo de aeronave. A utilização de aeronaves mais ruidosas se torna mais onerosa à companhia aérea, de maneira a torná-las pouco atraentes do ponto de vista do custo-benefício. No Brasil, diferentemente do que ocorre em outros países, principalmente Europa e Estados Unidos, não existe a cobrança destas taxas, baseadas nos níveis emitidos

de ruído. Esta uma importante razão para que as companhias aéreas não sejam estimuladas a renovar suas frotas, utilizando, aqui, aeronaves que não poderiam mais operar em alguns grandes aeroportos do mundo. Ainda que se resguardem as proporções da possibilidade de substituição da frota, entre as companhias aéreas brasileiras e as grandes companhias internacionais, há que se considerar que alguma medida se faz necessária, no sentido de se evitar a simples transferência para o Brasil, e outros países da América Latina, das aeronaves ruidosas impedidas de operar em outros países.

No entanto, devido aos altos custos decorrentes da substituição das frotas de aeronaves, medidas como esta costumam ser de difícil implementação, principalmente em países em desenvolvimento. O Brasil possui legislação prevendo a desativação de aeronaves por causa do ruído. Mesmo assim, ainda são registrados casos onde uma atuação específica das autoridades aeroportuárias se faz necessária para resolver problemas críticos; como o caso do aeroporto de Congonhas, em São Paulo, que teve seu funcionamento desativado no período noturno.

Nota-se que existem algumas formas de controle e/ou minimização do impacto sonoro causado pelo ruído aeroportuário (barreiras acústicas, esquadrias com isolamento acústico apropriado, alteração dos segmentos de potência dos motores em procedimentos de pouso e decolagem, etc.) nas comunidades que residem no entorno de aeroportos. A implementação da maior parte das medidas de controle, porém, depende de fatores políticos, uma vez que há muitos interesses envolvidos e, de modo geral, as medidas estão associadas a altos volumes de recursos financeiros. Entretanto, está comprovado (OMS, 2004) que a mobilização da população afetada é a forma mais eficaz de exigir regras mais severas no tratamento do ruído de origem aeronáutica

Este trabalho pretende contribuir com o debate, trazendo à luz da sociedade uma avaliação do ruído resultante de um total de 140 horas de medições acústicas de ruído aeronáutico, efetuadas em um ponto dentro da Área II do Plano Específico de Zoneamento de Ruído – PEZR –, nas proximidades do Aeroporto Internacional Salgado Filho, na cidade de Porto Alegre, Brasil.

1.2 JUSTIFICATIVA

As operações aeroportuárias têm conseqüências diretas na saúde e bem estar da vizinhança. Os efeitos do ruído são diversos e suas conseqüências são facilmente notadas em problemas de sono e queda de desempenho no trabalho. Tal situação acaba gerando um custo social elevado devido às despesas médicas e à baixa produtividade no trabalho. Em Santiago do Chile, as perdas monetárias por queda de produtividade causada pela poluição sonora do meio ambiente foram estimadas em US\$ 600 milhões anuais (COLLADOS, 2000).

Para minimizar os efeitos sobre o bem estar da comunidade e cofres públicos, é necessário que os aeroportos procurem diminuir ou limitar o ruído emitido na fonte (aeronaves) ou que se criem mecanismos de controle de ruído, com vistas a proteger a comunidade. Para que se adotem medidas nesse sentido é necessário, primeiramente, que se conheça o objeto de estudo, fazendo-se uma profunda avaliação do ruído emitido por essa atividade.

Nesse sentido, a criação de um banco de dados é imprescindível para dar continuidade e ampliar a abrangência de estudos sobre a poluição sonora no meio ambiente. Trabalhos acadêmicos mais aprofundados, na área de ruídos emitidos por atividades aeronáuticas, ainda não foram publicados para os aeródromos do estado do Rio Grande do Sul.

O presente trabalho pretende contribuir com o debate, através de uma análise qualitativa e quantitativa do ruído aeronáutico gerado pelas atividades do Aeroporto Internacional Salgado Filho. Espera-se com ele, dar continuidade à linha de pesquisas do NORIE-UFRGS em ruído urbano para a cidade de Porto Alegre. Pesquisas preliminares foram realizadas por Rott (1995) e por Maia (2003), as quais tratam, mais especificamente, da poluição sonora proveniente de ruído de tráfego rodoviário, em diferentes pontos da mesma cidade.

1.3 HIPÓTESES

Constituem hipóteses deste trabalho:

- a) que a Aviação Geral tem significativa participação no fluxo total diurno do aeroporto em estudo e contribui de forma significativa para a emissão de ruídos no entorno do mesmo.
- b) que os níveis de ruídos gerados por operações de decolagem diferem, em intensidade e espectro, dos níveis de ruído gerados por procedimentos de pouso, para um mesmo tipo de equipamento;
- c) que os níveis sonoros medidos (L_{eq} e $L_{Máx}$) excedem os níveis recomendados na **NBR 10151 (ABNT, 2000)**: “*Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade*”.
- d) que os valores encontrados na **NBR 8572 (ABNT, 1984)**: Fixação de valores de redução de nível de ruído para tratamento acústico de edificações expostas ao ruído aeronáutico, apontada no PEZR, não atendem integralmente à **NBR 10.152 (ABNT, 1987)**: *Níveis de ruído para conforto acústico*; conforme o tipo de aeronave que sobrevoa o ponto monitorado.

1.4 OBJETIVOS

Esta pesquisa tem como **objetivo principal** levantar e analisar, sob diferentes aspectos, dados sobre o ruído aeronáutico oriundo de atividades do Aeroporto Salgado Filho, registrados dentro da Área II, do Plano Específico de Zoneamento de Ruído- PEZR, na cidade de Porto Alegre, RS.

Como consequência do objetivo principal, propõem-se os seguintes **objetivos secundários**:

a) caracterizar o Fluxo Aéreo do Aeroporto Salgado Filho

Caracterizar o fluxo aéreo local, quantitativamente e qualitativamente, determinando o número de movimentos diários, identificando as companhias aéreas operantes e suas

respectivas frotas, assim como o volume de operações da Aviação Geral, em relação à Aviação Regular.

b) apresentar os níveis de ruído registrados

Apresentar os índices estatísticos de ruído diários (SEL, LMáx, Leq e Lmín) a que estão submetidos os habitantes dessa área, para o período diurno compreendido entre 7 e 22 horas.

c) classificar as aeronaves monitoradas

Classificar, separadamente, cada modelo de aeronave por índices (SEL, Lmáx, Leq e Lmín) e espectro de frequências, discriminando e comparando valores obtidos, oriundos de aterrissagens e decolagens,

d) analisar o Ruído de Fundo

Calcular os índices estatísticos mais representativos do ruído de fundo e dos eventos sonoros aeronáuticos e analisar a diferença entre ambos.

e) verificar a situação estudada em relação a algumas normas Brasileiras

- Verificar a situação identificada em relação a NBR 10.151 (ABNT, 2000): *Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade;*
- Verificar se a aplicação dos índices de isolamento acústico de 35 a 40 decibéis presentes na NBR 8572 (ABNT, 1984), vigente para a Área II do PEZR do aeroporto em estudo, conduz a níveis de conforto acústico dentro de edificações, como recomendado pela NBR 10152 (ABNT, 1987).

1.5 MÉTODO EMPREGADO PARA A REALIZAÇÃO DAS MEDIÇÕES

Os procedimentos adotados para efetuar as medições se basearam em dois documentos sobre o tema de monitoração acústica de aeronaves. Foi estudada e utilizada a norma: ISO 3891 (ISO, 1978): “*Procedure for describing aircraft noise heard on the ground*”, e o “*Guide de Monitoration de Bruits et Trajectoires d’Avions*”, elaborado pelo “*Service Technique de la Navigation Aérienne*” - STNA (STNA, 2002) da França.

1.6 LIMITAÇÕES

Limitou-se o estudo ao período diurno das 7 às 22 horas, em dias úteis da semana, compreendidos de 2ª a 6ª feira. A limitação ao período diurno se deveu a alguns fatores que serão aqui expostos:

- a) a disponibilidade de uma única pessoa para realização das medições de campo;
- b) a limitação de memória do aparelho de medição, impedindo avaliar o ruído durante as 24 horas consecutivas. Os dados eram descarregados a cada 15 horas, em um computador do tipo desktop.
- c) o tempo de transporte do equipamento, que somado ao tempo de transferência de dados, durava, aproximadamente, três horas e meia. A medição era interrompida às 22 horas e assim o aparelho ficava novamente pronto para reiniciar as medições, em torno das duas horas da manhã do dia seguinte. Às seis horas da manhã, o medidor era transportado para o local de medições, onde era novamente calibrado e programado para iniciar a medição às sete horas da manhã.

Assim, elegeu-se o período diurno para efetuar as medições acústicas. Sabe-se que o período noturno apresenta uma situação mais crítica por ser o período de descanso, e também devido aos baixos níveis de ruído de fundo. No entanto, em função do tipo de avaliação que se pretendia fazer neste estudo e dos problemas de segurança para se trabalhar no período da noite, se optou por monitorar o período diurno.

O período diurno apresenta um número consideravelmente maior de movimentos aeronáuticos. Assim, ao se optar por este período, obteve-se um maior número de dados referentes ao ruído aeronáutico de diferentes equipamentos. Tal decisão permitiu obter um volume maior de dados e diluir possíveis erros de medição nas médias gerais, monitorando um maior número de diferentes modelos de aeronaves.

1.7 DELIMITAÇÃO FÍSICA DO ESTUDO

Objetivando verificar o ruído emitido, por cada modelo de aeronave, optou-se por fazer várias repetições das medições com o medidor fixo em um mesmo local. Os dados obtidos em um único local permitiram obter grande confiabilidade nos resultados. O ponto de medição se localiza dentro da Área II (Figura 2) do PEZR, na cidade de Porto Alegre, situando-se no bairro Navegantes a aproximadamente 10 Km do centro da cidade e 1,8 Km da cabeceira da pista de rodagem mais próxima. O local escolhido atende às condições para monitoração acústica de aeronaves, em procedimento de pouso, de acordo com o guia do STNA (STNA, 2002).



Figura 2. Localização do Aeroporto Salgado Filho em relação ao centro da cidade de Porto Alegre e visualização das curvas delimitando a Área II estabelecida pelo PEZR (Imagem adaptada do software SIGMA)

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Numerosos efeitos são atribuídos ao ruído advindo dos aviões, sobretudo o incômodo durante atividades. Este incômodo afeta, particularmente, o descanso diurno e noturno. Teme-se que exposições mais importantes ao ruído, nas proximidades dos aeroportos, possam ter conseqüências na saúde e bem estar da vizinhança. O incômodo resta, por sua vez, o efeito mais freqüentemente notado (OFEFP-OFS, 2002).

2.1 RUÍDO E SAÚDE

O incômodo é, por definição, uma reação subjetiva negativa global ao ruído, ainda que os efeitos imediatos consistam na perturbação de diversas atividades. O incômodo resultante de uma exposição ao ruído depende, também, das características da energia acústica emitida pela fonte (intensidade, freqüência, variabilidade e intermitência), da sensibilidade do ouvido, e de outros significados, não sonoros, associados à fonte de ruídos (risco de acidentes, etc.). Os efeitos do ruído emitido por aeronaves, sobre populações que habitam áreas próximas a aeroportos, podem ser mensurados através de técnicas de avaliação subjetiva do incômodo, através de questionários (GAMA, 2004).

Laburu et all. (1996) realizaram uma avaliação da situação acústica ambiental em duas cidades dos Países Bascos do estado da Espanha, municípios de notável intensidade de ruído ambiental. Observou-se que em todos os lugares avaliados, com exceção de um bairro, durante o dia, os níveis equivalentes (Leq) diurnos e noturnos eram superiores aos recomendados pela OMS. O trabalho estudou a moléstia provocada pelo ruído ambiental exterior e analisou as possíveis reações dos diversos graus de moléstia percebidos, tanto nos níveis de ruído medidos, como em outras variáveis. Os níveis de ruído exteriores, medidos, causaram algum tipo de moléstia em 78% dos entrevistados e 49% da população questionada opinou que o ruído de tráfego rodoviário era a causa de sua moléstia. O ruído exterior interrompeu, pelo menos uma vez, o sono de 47% dos entrevistados e dificultou a retomada do sono, em alguma ocasião, em 27% da amostra. Quanto à percepção da fala nas residências, 43% dos entrevistados opinou que, às vezes ou freqüentemente, a comunicação oral era afetada por ruídos advindos do exterior. O estudo revelou um gradiente significativo entre a saúde percebida e a moléstia causada pelo ruído, de forma

que os que se sentem mais são referem maior moléstia devido ao ruído. Estes resultados obtidos se aproximaram aos resultados de trabalhos semelhantes, como os realizados no Laboratório de Acústica Física Aplicada da Universidade de Valência. Assim, nas cidades de médio e grande porte da comunidade Valenciana, 43% dos entrevistados opinou que o ruído de tráfego seria a fonte sonora mais incômoda.

Os efeitos do ruído sobre a saúde são diversos. A Organização Mundial da Saúde - OMS, (2004) enumera alguns problemas de saúde relacionados a exposições a níveis de ruído demasiados fortes, como: déficit auditivo, interferência na comunicação oral, perturbação do repouso e do sono; efeitos psicológicos, efeitos sobre a saúde mental e efeitos sobre o desempenho; efeitos sobre o comportamento da vizinhança e incômodo e interferência com outras atividades.

2.1.1 Déficit Auditivo

A gravidade do déficit auditivo nas populações expostas ao ruído nos locais de trabalho depende do valor de LAeq, 8h, do número de anos durante os quais houve exposição ao ruído e da sensibilidade do indivíduo. Homens e mulheres são atingidos de forma igual pelo déficit auditivo devido ao ruído. O ruído no meio ambiente com um LAeq 24h de 70 dB não causa déficit auditivo na grande maioria das pessoas, mesmo após uma exposição ao longo da vida (OMS, 2004).

2.1.2 Interferência na Comunicação Oral

A consequência principal do déficit auditivo é a incapacidade de compreender a fala, em condições normais, e isso é considerado como uma deficiência social grave. Mesmo pequenos valores de déficit auditivo (10 dB, nas frequências compreendidas entre 2000 e 4000 Hertz, e para os dois ouvidos) podem comprometer a compreensão da fala. A incapacidade para compreender a fala causa uma queda de desempenho e pode causar mudanças comportamentais. São particularmente vulneráveis as pessoas que sofrem de um déficit auditivo, os idosos, as crianças em aprendizado de linguagem e leitura e os indivíduos que não dominam a linguagem da fala (OMS, 2004).

2.1.3 Perturbação do Repouso e do Sono

Aproximadamente um terço da população Suíça está exposta, de dia, a níveis de ruído de tráfego rodoviário que perturbam consideravelmente o bem estar. Um quarto sofre com emissões sonoras que ultrapassam o valor limite de 60 dB (valor médio fixado pela OMS para zonas residenciais). À noite, a porcentagem da população sofrendo valores superiores ao limite legal (50 dB, nas oito horas noturnas), é ainda mais elevado. Neste período, a calma é vital, pois, se o sono é perturbado de maneira prolongada, o organismo humano não consegue se recuperar o suficiente (OFEFP-OFS, 2002).

Os efeitos típicos do ruído em residências são (OMS, 2004), além da perturbação do sono, o incômodo e a interferência com a fala. O valor de referência, no interior dos dormitórios, é de 30 dB_(A) (Leq), para o ruído contínuo e de 45 dB_(A) (LMáx), para eventos sonoros simples. Durante a noite, os níveis sonoros externos medidos, a aproximadamente um metro da fachada dos dormitórios, não deveriam exceder 45 dB_(A) (Leq), de forma que as pessoas pudessem dormir com as janelas abertas. As principais manifestações da perturbação do sono pelo ruído aeroportuário são citadas a seguir:

- a) dificuldades em adormecer;
- b) diminuição da duração de certos estágios do sono;
- c) despertar repentino.

O ruído ambiental pode causar efeitos primários durante o sono e efeitos secundários, que podem ser constatados de dia, após a exposição de ruídos à noite. O sono não interrompido é fundamental para o repouso mental e os efeitos primários da perturbação do sono são: a dificuldade em iniciar a dormir, despertar inúmeras vezes e as mudanças de fase ou de profundidade do sono; a tensão arterial, a frequência cardíaca e o aumento das impulsões nos dedos, a vaso constrição, as mudanças de respiração, arritmia cardíaca, e os movimentos involuntários do corpo. A diferença entre os níveis sonoros de um evento de ruído e o ruído de fundo, em vez do ruído absoluto, pode determinar a probabilidade de reação. A probabilidade de ser acordado aumenta com a importância dos incômodos sonoros durante a noite. Os efeitos secundários, ou repercussões no dia seguinte são: fadiga, depressão e desempenho reduzido (OMS, 2004).

Durante o dia, poucas pessoas se sentirão fortemente incômodas a níveis de ruído abaixo de 55 dB_(A), e poucos são moderadamente incomodados a níveis abaixo de 50 dB_(A) (Leq). Os níveis sonoros durante a noite devem estar entre 5 a 10 dB mais baixos que durante o dia (OMS, 2004).

Eventos sonoros excedentes a 45 dB_(A) e ruídos de fundo contínuos acima de Leq 30 dB_(A), prejudicam um sono de boa qualidade. Fixando limites para exposições particulares ao ruído, durante a noite, o caráter de ruído intermitente deve ser considerado. Isso pode ser realizado, por exemplo, medindo os diferentes ruídos, assim como a diferença entre o nível sonoro máximo e o nível sonoro do ruído de fundo. Uma atenção particular deve igualmente ser concedida às fontes sonoras de ruído incidente em um ambiente sonoro com baixo ruído de fundo (OMS, 2004).

A perturbação do sono induzida por ruídos intermitentes aumenta com o nível máximo de ruído. Mesmo se o equivalente total é um tanto baixo, um pequeno número de ruídos com elevados níveis de pressão acústica afetará o sono. Convém salientar que o ruído de baixas frequências pode perturbar, mesmo a baixos níveis de pressão acústica (OMS, 2004).

Em pesquisa efetuada junto aos moradores, nas proximidades de aeroportos franceses, sobre o incômodo devido ao ruído, Vallet et al. (2000), mostraram que os efeitos do ruído podem ser vistos no modo comportamental e somático. O estudo demonstrou que 16% dos questionados declararam dormir um tanto mal, mal ou muito mal. Observou-se que os questionados que declararam sofrer de uma má qualidade do sono se sentiam, em média, mais incomodados que os demais. Ou seja, 7,5% do total dos entrevistados, representando, aproximadamente, a metade das pessoas que sofrem de distúrbios do sono atribuem esse distúrbio ao ruído dos aviões. As pessoas que dizem ter distúrbios no sono frequentes, atribuídos ao ruído dos aviões, mostraram-se excessivamente mais incomodados que os outros questionados.

2.1.4 Funções Fisiológicas

O ruído dificulta a comunicação, perturba o sono e ativa as reações de stress com conseqüências nefastas para a saúde, dentre as quais estão as perturbações cardíacas e circulatórias (OFEFP-OFS, 2002).

Efeitos cardiovasculares também aparecem após uma longa exposição ao ruído de tráfego aéreo e rodoviário, com valores de LAeq 24h de 65-70 dB_(A). Mesmo que esta associação seja rara, os efeitos são mais importantes nas pessoas que sofrem de distúrbios cardíacos do que nas pessoas com hipertensão. Mesmo assim, esse aumento dos riscos é importante no momento em que muitas pessoas estão expostas. Diferentes efeitos podem ser desencadeados pela exposição a níveis demasiados fortes, como (OMS, 2004):

- a) ações no sistema cardiovascular, pelo estreitamento dos vasos sanguíneos (vaso constrição) e batimentos do coração mais rápidos e fortes (taquicardia);
- b) na visão, pode ocorrer o estreitamento do campo visual;
- c) alterações endócrinas, através da ativação das glândulas hormonais;
- d) sistema digestivo com redução das secreções gástricas e salivares, causando aumento do tempo de digestão.

2.1.5 Doenças Mentais

O ruído no meio ambiente não tem uma incidência direta sobre as doenças mentais, mas supõe-se que ele pode acelerar e intensificar o desenvolvimento de distúrbios mentais lentos. A exposição a níveis elevados de ruído no local de trabalho foi associada ao desenvolvimento de neuroses, mas o resultado dos estudos sobre o ruído no meio ambiente e seus efeitos são pouco conclusivos. Porém, estudos sobre: sintomas, utilização de drogas (tranqüilizantes), e números de admissão de pacientes nos hospitais por distúrbios mentais, mostram que o ruído no meio ambiente pode ter efeitos desfavoráveis sobre a saúde mental (OMS, 2004).

2.2 RUÍDO E QUEDA DE DESEMPENHO

Foi comprovado, principalmente junto a trabalhadores e crianças, que o ruído pode comprometer a execução de tarefas cognitivas. A performance diminui sensivelmente para as tarefas mais complexas. A leitura, a atenção, a resolução de problemas e a memorização estão entre os efeitos cognitivos mais fortemente afetados pelo ruído. O ruído pode, distrair e ruído súbitos geram a reações negativas provocadas pelo medo (OMS, 2004).

Nas escolas, nas proximidades dos aeródromos, as crianças expostas ao tráfego aéreo têm performances reduzidas quando da execução de tarefas, como a correção de textos, realização de *quebra-cabeças* difíceis, textos de compressão de leitura e capacidades de motivação. É crucial admitir que algumas estratégias de adaptação ao ruído aéreo e o nível de performance têm um preço. Nas crianças que vivem nas zonas mais ruidosas, o sistema simpático reage mais, como se pode verificar através do aumento de hormônios de estresse, assim como da tensão arterial elevada em repouso. Para poder escutar e compreender as mensagens faladas nas salas de aula, o ruído de fundo não deveria exceder a 35 dB LAeq durante a aula. Para os pátios de recreação, o nível sonoro do ruído provocado por fontes externas não deveria exceder 55 dB(A) em Leq, os mesmo valores para as zonas residenciais exteriores durante o dia (OMS, 2004).

verificou-se que os dois colégios selecionados estavam expostos a níveis de ruído substancialmente diferentes. Por outro lado, ambos os colégios estavam situados em duas zonas da cidade com características socioeconômicas muito similares. Participaram desta pesquisa um total de 236 crianças, cursando diferentes níveis escolares, numa faixa etária compreendida entre seis e onze anos, às quais foram aplicados dois tipos diferentes de testes. O número médio de acertos foi consideravelmente maior no colégio situado em ambiente pouco ruidoso.

Os resultados obtidos nesse trabalho sugerem a existência de um possível efeito negativo do ruído ambiental e/ou das condições acústicas das salas, frente à capacidade de atenção dos alunos. O estudo aponta um provável efeito acumulado da exposição ao ruído como sendo provável responsável pela considerável diferença observada. É importante relembrar que os testes avaliavam a capacidade de concentração das crianças. Tais resultados deixam clara a importância das condições acústicas no processo educativo (SANZ, GARCÍA e GARCÍA, 1993).

2.3 CUSTOS DO RUÍDO

Collados (2000) determinou o custo social do ruído na cidade de Santiago do Chile, através dos estudos dos perfis acústicos e dados populacionais em 180 bairros. O autor avaliou o número de habitantes afetados e a fração da população “fortemente incomodada”.

A avaliação do custo social considerou um ciclo semanal, incluindo, tanto atividades de trabalho, como de ócio. Foi utilizado um modelo de preços, para estimar o custo da depreciação não laboral e um modelo de perdas diretas para a redução do tempo de trabalho. O trabalho conclui que as perdas, por desvalorização imobiliária, devido ao ruído urbano chegam a US\$ 2.723 milhões. Este número foi calculado apenas baseado no enfoque do desconforto acústico e seu poder de modificar os preços.

As perdas por queda na produtividade do trabalho, causadas pelo ruído ambiental, foram estimadas em US\$ 600 milhões anuais, sem considerar os efeitos diferidos ou acumulativos do ruído sobre a saúde e tampouco os efeitos do ruído industrial. Os resultados desse estudo podem ser aplicados para as tomadas de decisões sobre investimentos para reduzir os níveis de ruído urbano (COLLADOS, 2000).

Uma prática adotada, há mais de 20 anos, pelas administrações aeroportuárias, na Europa, é o estabelecimento das tarifas de ruído, ou seja, os operadores pagam, além da tarifa normal de pouso, uma sobretaxa em função do tipo de aeronaves, sendo este valor tanto maior quanto mais ruidoso for o equipamento, variando, também, em função do horário de operação, majorando-se naturalmente o período noturno. Esta solução possibilita o desestímulo à operação das aeronaves ruidosas, principalmente junto às empresas, que detém um grande número de operações em determinados aeroportos, além de permitir a geração de recursos, que são aplicados em programas de redução de ruído no aeroporto e junto às comunidades atingidas (COLLADOS, 2000).

No Brasil, não existem mecanismos que possibilitem a formação de fundos para a aplicação em programas de redução de ruído. O “princípio do poluidor pagador”, largamente adotado em quase todos os setores produtivos e de serviços do país, não é praticado na aviação civil; as empresas aéreas que operam aeronaves mais silenciosas e em horários adequados, pagam as mesmas tarifas daquelas que operam equipamentos ruidosos e em horários críticos, como durante a madrugada. Em muitos casos ocorre, inclusive, uma

inversão de valores, uma vez que as tarifas são cobradas exclusivamente em função do peso de decolagem da aeronave. Por exemplo, um Boeing 707, que é extremamente ruidoso, paga uma tarifa de pouso de R\$ 312,57 para operar num aeroporto categoria 1, em vôo doméstico; nas mesmas condições, uma aeronave Boeing 767, de última geração, que cumpre os mais rígidos padrões internacionais de ruído, pagará R\$ 339,48, pelo fato de ter um peso máximo de decolagem maior. Caso o vôo fosse internacional, estes valores seriam de R\$ 1.199,94 para o Boeing 707 e de R\$ 1.303,25 para o Boeing 767 (IAC, 2000c).

As tarifas de ruído praticadas no exterior são normalmente estabelecidas em função dos aeroportos onde o incômodo sofrido pela população próxima é maior, diferenciando-se os valores por classe e horário de operação. Salvo raras exceções, a política adotada não é generalizada para todo o país. Em muitos casos, os próprios aeroportos estabelecem estes valores, em coordenação com as autoridades competentes. Os recursos levantados através destas tarifas são aplicados em programas ambientais, em especial para abatimento de ruído, gerenciados pelo aeroporto ou autoridade aeroportuária responsável. A aplicação dos recursos é estabelecida em função das prioridades locais, cuja definição é, normalmente, dada através de um comitê, composto por membros do aeroporto, das comunidades, das prefeituras e governos envolvidos, câmara de indústria e comércio, representantes de classe e demais setores envolvidos (IAC, 2000c).

2.4 RUÍDO URBANO

O ruído oriundo dos transportes constitui a principal fonte de ruído ambiental. É nas proximidades das rodovias e instalações ferroviárias, assim como nas imediações dos grandes aeroportos que as pessoas mais sofrem. Desde o início da luta contra o ruído foram obtidos resultados significativos: diminuição das emissões sonoras dos caminhões, construção de barreiras acústicas, melhorias no asfalto (ruído de impacto), trens menos ruidosos nas ferrovias. Até mesmo alguns aviões, tornaram-se menos ruidosos. Infelizmente, o aumento considerável das circulações, de um modo geral, reduziu imensamente o efeito de tais medidas (OFEFP-OFS, 2002).

Na União Européia, aproximadamente, 40% da população está exposta a ruídos gerados por tráfego rodoviário, a um nível acústico que excede os 65 dB_(A), durante o dia. Quando

reunimos todos os ruídos advindos de transportes, podemos estimar que mais da metade dos cidadãos da Comunidade Européia vive em zonas que não lhes garante o conforto acústico. Durante a noite, mais de 30% estão expostos a níveis acústicos excedendo 55 dB_(A), o que perturba o sono. O incômodo sonoro é igualmente grave nas cidades dos países em desenvolvimento. Ela é devida, principalmente, ao tráfego rodoviário, e nas zonas de tráfego denso, os níveis de pressão acústica, durante as 24h, podem atingir de 75 a 80 dB_(A) (OMS, 2004).

Numerosos estudos efetuados na Suíça (MULLEWIE, 1999), mostraram que o ruído ligado ao tráfego aéreo é considerado pela população como sendo o mais incômodo dentre os ruídos de tráfego. O número de pessoas fortemente incomodadas é muito mais significativo para os ruídos de tráfego aéreo (54% de pessoas incomodadas), do que um ruído de tráfego rodoviário (26% de pessoas incomodadas) ou de tráfego ferroviário (16% de pessoas incomodadas).

2.5 RUÍDO AEROPORTUÁRIO

Dentre os diversos tipos de ruído produzidos pela atividade industrial, o ruído aeronáutico apresenta características singulares, na medida em que sua propagação ultrapassa de muito os limites legais do aeroporto onde se originou. As operações normais de pouso e decolagem, não só produzem elevados níveis de ruído de forma descontínua, como, também, usualmente não têm um horário prescrito para sua ocorrência (IAC, 2000c).

Com o advento das aeronaves a jato, o nível de incômodo atingiu níveis extremamente elevados. As reclamações decorrentes dessa situação motivaram, na década de 50, os primeiros estudos e pesquisas para determinar a extensão do problema e obter métodos para minimizá-lo. A primeira necessidade a surgir foi a de se medir os níveis de ruído e incômodo produzido pelas operações de aeronaves, as quais compreendem o pouso, a decolagem, o táxi e o teste de motores (IAC, 2000a).

Os principais fatores que determinam o ruído percebido no solo são os tipos de aviões, que operam no aeródromo e seus respectivos tipos de motores, os procedimentos adotados para pouso e decolagem (gestão da potência, utilização dos flaps, velocidade, etc.), a distância entre a fonte e o receptor e as diferentes trajetórias de vôos. Mas também devemos

considerar as influências da topografia e das condições meteorológicas locais, que influenciam na propagação do som. Em geral, o aeroporto é freqüentado por diversos tipos de aeronaves, que têm diferentes massas e que seguem diferentes procedimentos de vôo. O cálculo de ruído, gerado por cada evento sonoro de origem aeronáutica, exigiria uma grande quantidade de dados a respeito dos aviões e dos movimentos do aeroporto. Criou-se, assim, o costume, nos estudos sobre ruídos em aeródromos, de fazer simplificações e estabelecer índices de ruído, sendo estes representativos das médias calculadas sobre longos períodos (vários meses). Os cálculos são, geralmente, repetidos para uma série de pontos nos arredores do aeroporto. Entre estes se faz a interpolação de resultados para traçar linhas, que ligam os pontos onde os índices de ruído são os mesmos. Obtêm-se, assim, as **“isocurvas de níveis de ruído”**, que serão utilizadas em estudos posteriores (IAC, 2000b).

Visto o grande número de variáveis e as simplificações, recomenda-se utilizar um único tipo de procedência (decolagem e pouso), para elaborar o cálculo das curvas de ruído (OACI, 1988).

Estudos dirigidos à avaliação de incômodo em torno de aeroportos, realizados na Europa, indicam que existe um grande incômodo nas áreas mais próximas aos aeroportos. Todavia, a experiência demonstra que áreas mais afastadas também podem ser afetadas, em função da altitude de sobrevôo das aeronaves e de suas rotas. Na França, foram realizados estudos com abordagens psicológicas e sociológicas, os quais, envolveram a população residente no entorno de aeroportos, visando encontrar uma relação entre o grau de incômodo percebido pela população, com os níveis de sua exposição a este tipo de ruído (VALLET, VINCENT e OLIVIER, 2000).

O ruído aeroportuário, ou seja, o ruído produzido pelas aeronaves durante a operação de um aeroporto, tem características inteiramente próprias, das quais se poderiam destacar três como as mais importantes. Em primeiro lugar, para um ouvinte que esteja parado em algum ponto próximo a um aeroporto, o ruído aeroportuário será percebido como descontínuo e irregular. Descontínuo, porque o ruído que chega ao ouvinte obedece ao movimento das aeronaves. Irregular, porque ele varia com o tipo de aeronave e o tipo de procedimento que está sendo executado (pouso ou decolagem), como também da distância do ouvinte à trajetória descrita pela aeronave. Em segundo lugar, a intensidade do ruído

produzido por aeronaves a jato é muito maior do que a intensidade de ruídos provenientes de outras fontes do cotidiano das cidades. Finalmente, uma outra característica importante a ressaltar seria o fato de a fonte de ruído ser móvel e estar acima do nível do solo durante a maior parte do tempo, o que facilita a propagação do som pela falta de obstáculos (IAC, 2000b).

À longa distância, o ruído de um avião é caracterizado, fisicamente, por um aspecto abafado, pois é um espectro carregado de frequências graves, as frequências agudas serão fortemente atenuadas pela absorção da atmosfera e do solo. O ruído de um avião que passa será percebido durante um certo tempo, dependendo da sua altitude e velocidade por cima do ponto de observação e conforme o nível de ruído de fundo (MULLEWIE, 1999).

O ruído emitido por aviões é devido ao escoamento de ar sobre os motores e a fuselagem, somado ao ruído gerado pelos motores. O princípio do motor turbo-reator é de rechaçar, a grande velocidade, o ar aspirado na parte dianteira do avião. Na saída desse, são ejetados gases em velocidade e temperatura elevadas. Esses gases vão de encontro ao ar ambiente provocando, fortes turbulências. As moléculas de ar, encontrando-se nas zonas de turbulência, serão submetidas a fortes variações de pressão, provocando níveis de ruído de grande importância (MULLEWIE, 1999).

Na aproximação para procedimento de pouso, é predominante o ruído proveniente do escoamento do ar sobre a fuselagem. Nesta fase, temos a potência dos motores diminuída, enquanto que os flaps, sobre as asas, estão abertos, assim como os trens de aterrissagem. A emissão de ruído dos motores é então inferior (LÉWY, 2002).

2.6 CONCEITOS ACÚSTICOS DE INTERESSE AO RUÍDO AERONÁUTICO

2.6.1 O som e o ruído

Classificam-se como ruído os sons considerados desagradáveis ou indesejados. Essa denominação varia de indivíduo para indivíduo, para um mesmo som escutado, pois se trata de uma interpretação individual e subjetiva em relação a um mesmo som. Assim, conclui-se que o som é um fenômeno físico e o ruído uma interpretação humana deste fenômeno, quando não desejado (GERGES, 2000).

Assim, o som classificado como ruído por uma pessoa pode não ser para outra. Da mesma maneira, intensidades sonoras muito elevadas não significam incômodo para todas as pessoas, assim como intensidades sonoras muito pequenas podem incomodar muitas pessoas, dependendo do contexto. Isso explica o grande número de metodologias existentes na tentativa de quantificar o incômodo sonoro produzido por aeronaves. Nos últimos 30 anos, cada país desenvolvido elaborou um método próprio (IAC, 2000b).

Pesquisas têm mostrado que a reação humana ao ruído parece depender da variação do som ao longo do tempo, e também do contexto dentro do qual o ruído se insere e, principalmente, da interferência do ruído com a conversação. Outros fatores importantes seriam, ainda, o estado de saúde do ouvinte, a exposição prévia ao ruído estudado e o seu nível sócio-econômico (IAC, 2000b).

2.6.2 O Campo Acústico

Considera-se campo acústico toda a quantidade de matéria que separa a fonte do observador, incluindo o meio de propagação e seus obstáculos. O tipo de campo de radiação de uma fonte típica de ruído pode variar, conforme a distância da fonte. Conforme a publicação de Brüel e Kjaer (2000) os seguintes campos podem ser definidos:

- a) campo próximo: é a região que estiver contida numa esfera centrada na fonte, e de raio igual ao comprimento de onda da frequência central que compõe o ruído.

- b) campo Distante: é a região na qual não é mais possível medir o ruído de uma determinada fonte, em função da sua baixa intensidade, devido às interferências do ruído de fundo e da absorção atmosférica das altas frequências.
- c) campo Livre: é a região situada entre a fonte sonora e o receptor, contendo o mínimo de obstáculos possíveis à propagação sonora e onde se obtém uma redução de, aproximadamente, seis decibéis, cada vez que se duplica a distância.

2.6.3 Propagação do som no ar livre

O som ao se propagar no ar livre sofre atenuações. Podemos citar, como causadores de atenuação, os fatores meteorológicos, como a absorção atmosférica, a variação de temperatura, a umidade relativa e o efeito do vento. A propagação do som é afetada pela atenuação ao longo do caminho de transmissão (GERGES, 2000). No caso dos aviões, tem-se uma fonte pontual simples, onde a propagação do som ocorre em todas as direções. Neste caso, podem-se calcular seis decibéis de atenuação para cada duplicação de distância.

2.6.3.1 Absorção do ar

A absorção do ar é causada por dois processos. O primeiro é resultado dos efeitos de viscosidade e de condução do calor, durante o ciclo de pressão. O segundo efeito é conhecido como relaxamento molecular e ocorre pela dissipação de energia durante o processo de relaxamento vibratório das moléculas. O processo é dependente da umidade, temperatura e pressão. A absorção do ruído pela transmissão no ar afeta, principalmente, as altas frequências (GERGES, 2000).

2.6.3.2 Efeitos das condições meteorológicas

Os caminhos da propagação do som são influenciados por variações de temperatura e velocidade do vento. O aumento da temperatura (Figura 3), em detrimento da altura (inversão térmica), provoca um aumento das velocidades de frente de ondas, que causa a mudança de direção das ondas ascendentes, empurrando-as na direção do solo (GERGES, 2000).

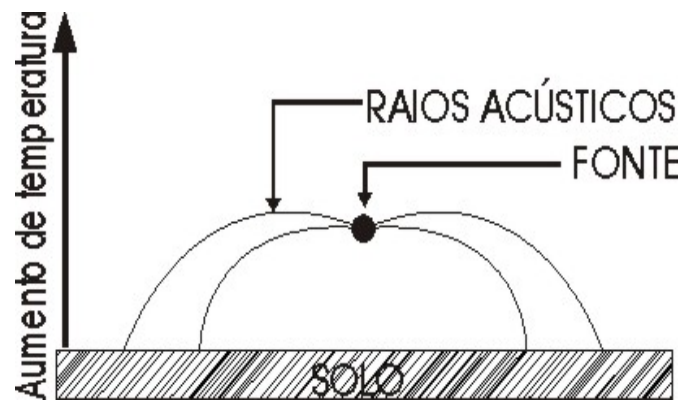


Figura 3. Propagação sonora influenciada pelo aumento de temperatura (GERGES, 2000)

Se a temperatura diminui com a altura, tem-se o comportamento oposto, ou seja, as frentes das ondas descendentes divergem, afastando-se do solo e formando sombras acústicas (Figura 4).

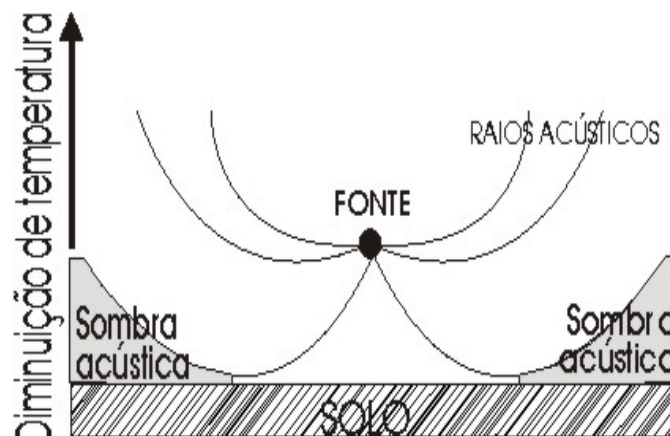


Figura 4. Propagação sonora influenciada pela diminuição de temperatura (GERGES, 2000)

O mesmo efeito pode ser aplicado ao efeito do vento. É formada uma zona de sombra acústica na direção de chegada do vento, dificultando a percepção do ruído nesta posição (Figura 5).

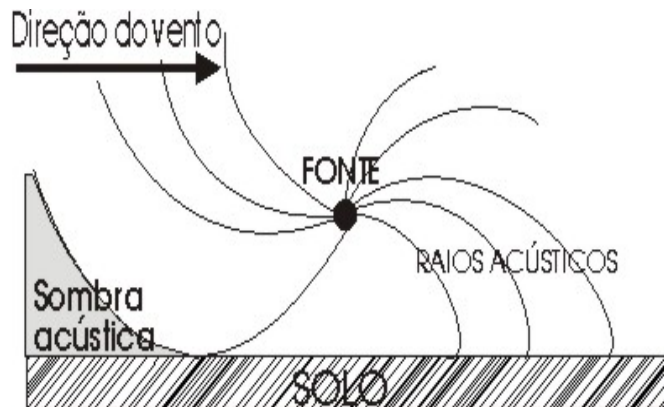


Figura 5. Propagação sonora influenciada pela direção do vento (GERGES, 2000)

2.6.4 Acústica Fundamental

As ondas acústicas propagam-se através do meio e sua velocidade em meio fluído é definida pela raiz quadrada da primeira derivada da pressão, em relação à densidade do mesmo. Utilizando-se um modelo simplificado para o ar, o som se propaga a uma velocidade que depende, apenas, da temperatura do mesmo. Para o ar, a 20° C, a velocidade do som é de 343 metros por segundo(m/s).

2.6.5 Nível equivalente de pressão sonora contínua (Leq)

Para conseguirmos avaliar o potencial de danos à audição em um ambiente sonoro, ambos, nível e tempo de exposição, devem ser medidos e combinados para determinar a quantidade de energia recebida. Para níveis sonoros constantes, isto é simples. Mas para níveis sonoros variáveis, os “Nn” níveis devem ser obtidos em pequenos intervalos de tempo sucessivos, dentro de um período de amostragem bem definido. De posse destes níveis, pode-se, então, calcular um valor único conhecido como Nível Equivalente de Pressão Sonora Contínua - Leq, que corresponde ao nível constante que possui a mesma quantidade de energia que o conjunto de níveis variáveis da fonte sonora que desejamos medir. Sua determinação matemática é dada pela seguinte relação (IAC, 2000b):

(equação 1)

$$Leq = 10 \cdot \text{Log} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{Li}{10}}$$

É importante, ainda, comentar que este parâmetro é amplamente utilizado em trabalhos de medição, análise ou desenvolvimento de metodologias específicas para avaliação de determinadas fontes de ruído, chegando, em muitas ocasiões, a substituir o nível de pressão sonora individual. Isto acontece porque, evidentemente, a grande maioria dos sons que existem no nosso cotidiano possui níveis de pressão sonora variando durante o tempo. Os aparelhos eletrônicos, medidores de pressão sonora, são capazes de determinar este parâmetro imediatamente, através de circuitos construídos especificamente para isto.

2.6.6 Nível total de exposição sonora (SEL)

Muito utilizado para se avaliar ruído aeronáutico, o “Sound Exposure Level”- SEL (Figura 6) é a soma de todos os níveis de pressão sonora, tomada por unidade de tempo, dentro do intervalo de interesse.

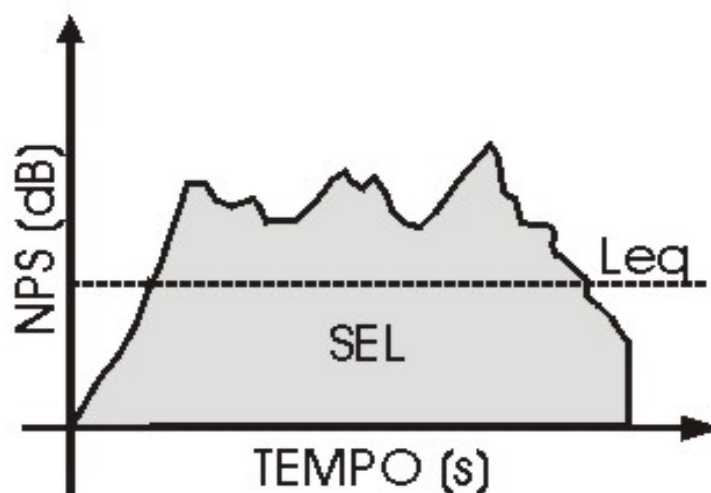


Figura 6. Ilustração do SEL em relação ao Leq (IAC, 2000b)

Assim, o SEL tem um caráter cumulativo, concentrando toda a energia, oriunda da exposição sonora, em **um segundo**. Quanto mais tempo se fica exposto ao ruído mais esse índice aumenta, conforme se pode ver no exemplo dado na Tabela 1, onde um ruído de 85 dB_(A), em Leq, é mantido durante diferentes intervalos de tempo e os respectivos níveis calculados de SEL aumentam.

Tabela 1. Índice SEL calculado para uma exposição sonora a um ruído contínuo 85dB(A), Leq, em diferentes tempos de exposição

Leq (dB _(A))	Tempo de exposição	SEL (dB _(A))
85	1 segundo	85,0
85	1 minuto	102,7
85	1 hora	112,5
85	8 horas	129,6
85	1 dia	134,4
85	1 semana	142,8
85	1 mês	148,8
85	1 ano	159,9
85	10 anos	169,9
85	100 anos	179,9

Quando não se especifica a unidade de tempo, considera-se o segundo como unidade subentendida:

$$SEL = 10 \cdot \log_{10} \left[10^{\frac{N1}{10}} + 10^{\frac{N2}{10}} + \dots + 10^{\frac{Nn}{10}} \right] \quad (\text{equação 2})$$

Quando não se conhecem os níveis em cada unidade de tempo, pode-se calcular o SEL, a partir do Leq, onde t é expresso em segundos, através da relação que segue:

$$\begin{aligned} SEL &= Leq + 10 \cdot \log_{10}(t) \\ \text{ou} \\ Leq &= SEL - 10 \cdot \log_{10}(t) \end{aligned} \quad (\text{equação 3})$$

2.6.7 Distribuição Estatística no Tempo (LN)

Uma análise da distribuição estatística dos níveis sonoros é uma ferramenta útil quando se avalia o ruído. A análise não fornece informações a respeito da variabilidade dos níveis sonoros, mas também se sobressai em várias normas como base para a avaliação do ruído de fundo. Por exemplo, o L90, nível excedido em 90% do tempo de medição, é utilizado como indicador do nível sonoro do ruído de fundo, enquanto que o L10 e o L5 são mais utilizados para representar os eventos sonoros (BRÜEL e KJAER, 2000).

O histograma cumulativo do ruído mostra o percentual %Ln do tempo total de exposição em relação ao nível de pressão sonora $\text{dB}_{(A)}$. L90, L50 e L10 são usualmente empregados para estudos de ruído ambiental, com L10 sendo comumente representativo dos eventos sonoros (GERGES, 2000).

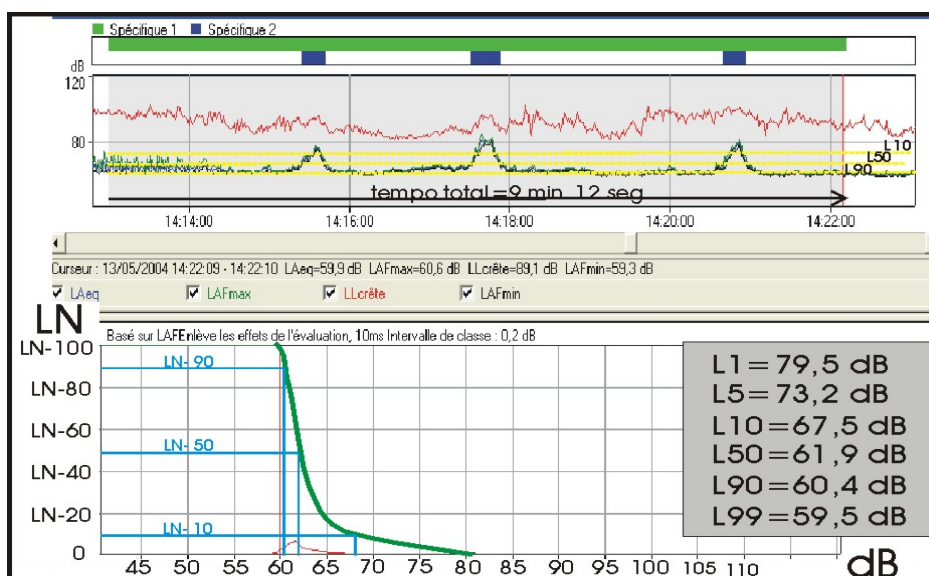


Figura 7. Visualização de 3 eventos sonoros de origem aeronáutica e os níveis estatísticos Ln do período selecionado (Imagem captada do software Evaluator)

Na Figura 7, o nível estatístico representa o valor do nível de pressão sonora, ponderado em A, que foi excedido em uma porcentagem (N%) do intervalo de tempo considerado. Por exemplo, o $L_{A 90, 9 \text{ min}}$ é o nível que foi excedido em 90% do tempo, de um período de avaliação de nove (9) minutos. Ou seja, o nível excedeu $60,4 \text{ dB}_{(A)}$ durante oito (8) minutos e seis (6) segundos, de um total de nove (9) minutos (análise baseada em resultados presentes na figura 7).

2.7 MÉTODOS DE MEDIÇÕES ACÚSTICAS EM AEROPORTOS

2.7.1 O que é um Índice

Um índice é uma expressão matemática que se utiliza para representar uma situação complexa e variável no tempo e espaço. Se admitirmos que um índice acústico é uma expressão reduzida de uma situação, é também uma ferramenta que nos fornece uma medida e, sobretudo, permite efetuar comparações, da situação do ruído, em diferentes pontos geográficos, em diversos momentos do dia ou do ano. Um índice acústico deve representar o impacto do ruído sobre um indivíduo, do ponto de vista da saúde e do incômodo sentido. Esse índice corresponde a uma exposição sonora média da população. Os índices acústicos também são utilizados para definir as zonas ao redor dos aeroportos e identificar um possível urbanismo. Significa: conciliar a utilização do solo e a exploração dos aeródromos, através da criação de documentos de urbanismo (MULLEWIE, 1999).

Uma medida de ruído baseada somente na adição de energia e expressa como a medida equivalente convencional, L_{Aeq} , não é suficiente para caracterizar a maioria dos ambientes ruidosos. Também é importante medir os valores máximos das flutuações do ruído, de preferência combinados com uma medida do número de eventos de ruído. Se o ruído inclui uma grande proporção de componentes de baixa frequência, valores inferiores aos aqui citados serão necessários. Quando componentes de baixa frequência prevalecem, as medições de ruídos na categoria A são inadequadas. A diferença entre $dB_{(C)}$ e $dB_{(A)}$, fornecerão as informações aproximadas sobre a presença de componentes de baixas frequências no ruído. Mas se a diferença é de mais de 10 dB, recomenda-se uma análise frequencial do ruído. Convém notar que uma grande proporção de componentes de baixa frequência no ruído pode aumentar significativamente os efeitos desfavoráveis sobre a saúde (OMS, 2004).

2.7.2 A evolução histórica dos índices aeronáuticos

O ruído produzido pela operação de aeroportos começou a ser motivo de preocupação para seus administradores a partir do advento dos jatos. Devido às reações das comunidades vizinhas a aeroportos e bases aéreas, foram feitos estudos para o estabelecimento do primeiro esquema de avaliação do ruído aeroportuário, que foi denominado CNR (Composite Noise Rating).

Uma vez levantados os dados acústicos, o mais alto dos níveis de pressão sonora, correspondente às bandas do espectro de oitava, era tomado para descrever a magnitude do ruído no procedimento de cálculo do CNR. Partindo desse valor, fazia-se uma série de ajustes padronizados. Mais tarde, algumas modificações nos conceitos originais do CNR foram feitas e a natureza das fontes de ruído envolvida ganhou mais importância. Nesse trabalho, considerou-se, também, o efeito da duração de cada evento (sobrevôo) no ruído percebido. Isso foi conseguido adicionando ao nível máximo de pressão sonora de cada evento uma correção, em função da duração do evento.

Em diversos países, surgiram métodos de avaliação de nível de incômodo, baseados em medidas de nível de ruído na escala A, até então, a única forma disponível de medida de nível de ruído percebido. Um método de avaliação de nível de ruído percebido, especificamente voltado para o ruído produzido por aeronaves, foi elaborado mais tarde, e o nível obtido foi denominado de Nível de Ruído Percebido, PNL (“Perceived Noise Level”).

Uma forma de avaliação mais eficaz para o ruído percebido durante um sobrevôo seria o Nível Efetivo de Ruído Percebido, EPNL (“Effective Perceived Noise Level”). Atualmente, o EPNL tem aceitação internacional, mas muitos países não mudaram seus métodos de avaliação de nível de incômodo após o seu estabelecimento.

Nota-se que o problema de avaliar o ruído aeroportuário não reside unicamente na avaliação do ruído produzido por cada aeronave. Deve-se avaliar o efeito global de todo o ruído produzido nas comunidades de entorno. Para tanto, estabelece-se um procedimento de cálculo que correlaciona os dados de ruído de cada evento, o número de eventos medidos, o espaço de tempo entre o primeiro e o último evento medido e quaisquer outros dados mensuráveis. Os diferentes métodos têm como objetivo avaliar o incômodo, ficando

implícito que se está tratando do incômodo gerado pelo ruído de aeronaves. Tais métodos podem ser definidos como procedimento de cálculo, que forneçam avaliações numéricas para as perturbações subjetivas sofridas por pessoas expostas ao ruído de aeronaves.

Conforme já assinalado, não existe consenso quando se trata de avaliar o incômodo subjetivo de pessoas expostas aos ruídos de aeronaves. Entretanto, pode-se notar que os princípios básicos que norteiam a elaboração dos métodos são universais. Assim, para uma pessoa exposta ao ruído de aeronaves, o nível de incômodo calculado por qualquer um desses métodos dependerá sempre do **período** de tempo durante o qual ela esteve exposta ao ruído, do **número de sobrevôos** que ocorreram durante esse período e do **ruído** que ela percebeu em cada um dos sobrevôos.

Deve-se observar que está inclusa nesse quesito a dependência do nível de incômodo com a distância do observador ao aeroporto. O nível de ruído percebido em cada sobrevôo depende também da distância do observador à aeronave. Poderá ser observado que os diversos métodos divergem, principalmente, na manipulação matemática feita com os dados medidos. Divergem, ainda, nos procedimentos adotados para a avaliação do nível de ruído percebido em cada sobrevôo, assim como a utilização ou não de ajustes aos valores medidos. Quanto aos ajustes, o mais utilizado é o feito de acordo com o período do dia em que a medida foi tomada. Com um ajuste desse tipo, o valor de nível de ruído medido teria um peso diferente, conforme o período do dia em que fosse aferido. Um outro ajuste, também utilizado, é feito de acordo com o período do ano durante o qual se realizaram as medidas. Pouquíssimos métodos utilizam tal ajuste, que serve para medidas realizadas durante períodos muito longos de tempo (por exemplo, semanas ou meses). O ajuste é feito sobre o valor final, computado para o nível de incômodo, e depende do comportamento das condições meteorológicas durante o período total. A seguir apresentamos um resumo histórico da evolução dos métodos (IAC, 2000a):

- a) 1952 - Primeiros estudos feitos pela USAF⁵;
- b) 1952 - Rosenblith e Stevens desenvolvem o *Composite Noise Rating* – CNR;
- c) 1957 - Stevens e Pietransante desenvolvem o Leq e obtém o “novo CNR”;

⁵ USAF: A atribuição da USAF (United States Air Force) é de garantir a soberania do espaço aéreo dos Estados Unidos da América.

- d) 1958 - Primeiros métodos baseados em $dB_{(A)}$;
- e) 1963 - Primeiros métodos baseados no PNL e desenvolvidos por Krytes e Pearson;
- f) 1963 - Krytes e Pearson aprimoram o PNL em EPNL;
- g) 1967/69 - O FAA⁶ desenvolve o NEF/NEM⁷, especificamente para gerar curvas isofônicas.

2.7.3 Métodos para determinação de incômodo por ruído aeronáutico

Pela análise dos índices apresentados a seguir, fica claro que o número de operações e o período em que estes ocorrem (diurno ou noturno) é fundamental para se estabelecer um índice de exposição ao ruído aeronáutico. Basicamente, a entrada de dados para cada fórmula de exposição se assemelha. Diferem, basicamente, os horários para consideração dos períodos, conforme os hábitos culturais de cada país. Ainda assim, há índices aeronáuticos que consideram um terceiro período do dia (entardecer). Conforme o período do dia em que o ruído é medido, diferem as penalidade e correções, numa tentativa de acompanhar a evolução do ruído de fundo durante as 24 horas do dia. Com a cidade silenciosa (à noite, por exemplo), o impacto sonoro da passagem de um avião causa um grande incômodo. Assim há uma maior tolerância a um ruído forte durante o dia, pois os ruídos da cidade estarão mascarando boa parte desse ruído.

A seguir, apresentamos alguns dos métodos que estão, atualmente, sendo utilizados em diferentes regiões do mundo. Os diferentes métodos apresentados foram classificados em três grupos, sendo eles baseados no L_{eq} , L_{PNL} e L_{EPNL} .

⁶ A FAA (Federal Aviation Administration), desde 1967, integra o departamento de Transportes Americano. Sua atribuição é promover a regularização da Aviação civil, assim como, a sua segurança e seu desenvolvimento tecnológico. No quesito acústico, desenvolve programas de controle de ruído e outros efeitos ambientais causados pela Aviação civil.

⁷ NEF: Noise Exposure Forecast / NEM: Noise Exposure Map

2.7.3.1 Métodos de avaliação de incômodo baseados em $dB_{(A)}$ e Leq

- a) Q – Storindex – Alemanha e Áustria;
- b) LDN Day Night Sound Level (nível de ruído diurno/noturno) – Recomendado pelo EPA⁸/ EUA;
- c) CNEL – Community Noise Equivalent Level – (Nível equivalente de ruído para comunidade) - EUA (Califórnia);
- d) B – Total Noise Rating (Taxa Total de Ruído) – Holanda;
- e) NI – Noisiness Index (Índice de ruidosidade) – África do Sul.

2.7.3.2 Métodos de avaliação de incômodo, baseados no Nível de Ruído Percebido (PNL)

- f) NNI – Noise Number Index – Inglaterra;
- g) IP ou N - Isopsophic Index – França;
- h) CNR – Composite Noise Rating – USAF.

2.7.3.3 Métodos de avaliação de incômodo baseados no Nível Efetivo de Ruído Percebido (EPNL)

- i) NEF/NEM – Noise Exposure Forecast / Noise Exposure Measurement (Previsão de Exposição ao Ruído / Medição de Exposição ao Ruído) – EUA;
- j) WECPNL – Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level (Nível Ponderado de Ruído Contínuo Equivalente Percebido) – OACI;
- k) IPR – Índice Ponderado de Ruído – Brasil.

⁸ O EPA (Environmental Protection Agency) é uma agência americana com mais de 18.000 empregados incluindo: cientistas, engenheiros, analistas, etc. Criado em 1970 tem como finalidade básica proteger a saúde humana e ambiental do povo Norte Americano.

2.8 RELAÇÃO ENTRE OS NÍVEIS DE RUÍDO E O INCÔMODO SUBJETIVO

Através da análise de todos os métodos de avaliação de nível de incômodo, apresentados anteriormente, e através da análise do desenvolvimento desses métodos, fica patente o reconhecimento universal de que uma média devidamente ponderada dos níveis de ruído produzidos em cada sobrevôo representa uma medida de incômodo sentido pelas pessoas. Pode-se verificar, através de exaustivas experiências, que acréscimos no índice de incômodo representam, efetivamente, acréscimos no incômodo subjetivo sentido pelas pessoas. O nível de incômodo, para qualquer método, é função das medidas de ruído percebido. Como as medidas dependem do ponto no solo onde foram feitas, pode-se chegar à conclusão de que o nível de incômodo é função do ponto onde ele é fornecido. Se fosse possível levantar os níveis de incômodo para inúmeros pontos no entorno de um aeroporto, seria possível gerar as curvas através da união desses pontos. Através destas curvas, pode-se avaliar a extensão do impacto sonoro produzido pelo aeroporto, analisar quantitativamente os verdadeiros efeitos de soluções imaginadas e pode-se elaborar uma política de ocupação do solo, que harmonize a convivência entre o aeroporto e a comunidade servida (IAC, 2000b).

2.9 ZONEAMENTO DE RUÍDO NO BRASIL

Segundo o “Manual de gerenciamento do uso do solo no entorno de aeródromos” (IAC, s.d.), a instalação de uma unidade aeroportuária, além de trazer grandes benefícios para o município, modifica e acelera o desenvolvimento da malha urbana no entorno do aeródromo, por requerer uma grande infra-estrutura para suas atividades. Ao ser implantado, geralmente em região desocupada e distante do centro, atua como forte indutor de desenvolvimento, expandindo a malha urbana. Assim, as áreas com baixa densidade habitacional ou com características de bairros industriais, geralmente escolhidas para implantação, modificam-se rapidamente. A especulação imobiliária e a demanda por serviços que atendam os usuários do aeroporto, assim como a presença de infra-estrutura básica, são fortes atrativos para um aumento na densidade habitacional do entorno, gerando vetores de expansão na direção do mesmo. Surge, assim, um conflito de interesses entre a comunidade e o aeródromo e a necessidade de impor restrições ao uso do solo, para

evitar que áreas do entorno sejam ocupadas com implantações que possam limitar ou impedir operações aéreas, induzindo sua interdição, completa ou parcial.

No Brasil, já existem restrições regulamentadas de funcionamento de aeroportos. O aeroporto de Congonhas, em São Paulo, um dos mais movimentados do país, fica completamente fechado em grande parte do período noturno, entre 23 e 06 horas. Ainda, no período noturno, entre 22 e 23 horas, existe um funcionamento diferenciado, onde só é possível operar com as aeronaves mais silenciosas, caracterizadas no Capítulo três do Anexo 16, da OACI (GAMA, 2004 apud OACI, 1988). As restrições do uso do solo são, basicamente, fundamentadas em critérios de segurança e impactos ambientais. O Plano de Proteção de Aeródromos – ZPA, previsto para a Área de Segurança Aeroportuária – ASA, definida na resolução do Conama (1995), trata da segurança nas operações das aeronaves, com a criação de rampas de pouso e decolagem, através de limitações de altura nas edificações do entorno. O Plano de Zoneamento de Ruído – PZR, previsto pela portaria nº 1.145/GM5 (BRASIL, 1987), restringe o uso do solo em decorrência do ruído aeronáutico. Por ser um modificador do meio ambiente, a implantação de um aeroporto dependerá da elaboração dos Estudos de Impacto Ambiental – EIA – e Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, assim como o processo de licenciamento ambiental, estabelecido, respectivamente, pelas resoluções do Conama (1986) e Conama (1997).

2.9.1 Resoluções

Com base nos aspectos mencionados anteriormente e, nos padrões internacionais e práticas recomendadas pela OACI, foram instituídas restrições para coibir a implantação de empreendimentos inadequados nas áreas de entorno dos aeródromos. Tais restrições encontram amparo na seguinte legislação:

- a) Constituição Federal;
- b) Código Brasileiro de Aeronáutica, Lei nº 7.565 (BRASIL, 1986), de 19 de dezembro, que trata dos Planos de Zona de Proteção e de Zoneamento de Ruído;
- c) Portaria nº 1.141/GM5 (BRASIL, 1987), de 08 de dezembro, que trata dos Planos de Zona de Proteção e de Zoneamento de Ruído;

- d) Resolução do Conama (1995), de 09 de outubro, que trata da Área de Segurança Aeroportuária;
- e) Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica nº 139 (BRASIL, 2003), de 27 de novembro, que trata da Certificação Operacional de Aeroportos.
- f) Portaria nº 398/GM5 (BRASIL, 1999), de 4 de junho de 1999, que dispõe sobre a aplicação do Anexo 14 à Convenção de Aviação Civil Internacional no Território Nacional.

2.10 PLANOS DE ZONEAMENTO DE RUÍDO - PZR

Dependendo do tipo de aeronave prevista para operar no aeroporto, da frequência de sua operação e das características da ocupação da área de entorno, são considerados dois tipos de Plano de Zoneamento de Ruído (BRASIL, 1986): o Plano Básico de Zoneamento de Ruído – PBZR – e o Plano Específico de Zoneamento de Ruído – PEZR.

2.10.1 O Plano Básico de Zoneamento de Ruído – PBZR

Considerando a necessidade de atender a inúmeros aeródromos menores, quanto ao estabelecimento de restrições ao uso do solo, em função do ruído aeronáutico, foi desenvolvido um PBZR para aqueles cujo número de movimentos anuais de aeronaves da aviação regular, de grande porte, existentes ou previstos para um horizonte de até vinte anos, seja inferior a 6.000. As curvas de nível de ruído do PBZR são definidas em função do tipo de aviação que opera no aeródromo e do número de movimentos anuais previstos desta aviação. Este conjunto de dados determina a Categoria de Pista do Aeródromo, tendo sido estabelecidas para o PBZR as Categorias II, III, IV, V e VI, tendo em vista o Manual de Gerenciamento do Uso do Solo no Entorno de Aeródromos (IAC, s.d.). A Categoria I somente se aplica para Plano Específico de Zoneamento de Ruído, conforme estabelecido na Portaria nº 1.141/GM5 (BRASIL, 1987).

2.10.2 O Plano Específico de Zoneamento de Ruído - PEZR

O Plano Específico de Zoneamento de Ruído também instituiu os Planos Específicos de todos os 66 aeroportos brasileiros administrados pela INFRAERO. O PEZR é, normalmente, aplicado nos aeródromos de maior porte, a exemplo do Salgado Filho, os quais apresentam ou irão apresentar no futuro (período de até vinte anos) mais de 6.000 movimentos anuais de aeronaves da aviação regular de grande porte, sendo elaborado, especificamente, para cada aeroporto. De acordo com a Portaria nº 1.141/GM5 (BRASIL, 1987), a elaboração deste Plano é de competência do Departamento de Aviação Civil (DAC). Neste Plano, as curvas de ruído são elaboradas levando-se em conta os tipos de aeronaves, bem como o seu número de movimentos, previstos a operar no último horizonte de planejamento do aeroporto em questão, entre outros dados. As restrições ao uso do solo são definidas em função das especificidades de sua área de entorno, sempre que possível em conjunto com a Prefeitura Municipal. Logo, de modo geral, cada um desses aeroportos terá diferentes curvas de ruído e restrições ao uso do solo, ou seja: curvas específicas (IAC, s.d.).

Para a elaboração de um PEZR é necessário que se conheça, detalhadamente, como se desenvolve a ocupação da área no entorno do aeroporto. Desta forma, são informações importantes: a área que é ou será afetada pelo ruído aeronáutico, a situação do adensamento urbano, a localização das diversas atividades, o nível de sua sensibilidade a este tipo de ruído, a legislação urbana local, etc. Todas estas informações precisam ser levadas em consideração para que o PEZR elaborado possa refletir, realmente, a compatibilidade do uso do solo ao ruído aeronáutico, preservando o bem-estar da comunidade.

Assim, é fundamental a participação da Prefeitura Municipal neste processo, uma vez que, além de deter conhecimento sobre a realidade local, cabe à mesma planejar e controlar o uso, o parcelamento e a ocupação do solo urbano, conforme estabelece o artigo 30 da Constituição Federal. O PEZR do aeroporto Salgado Filho é apresentado na Figura 8.

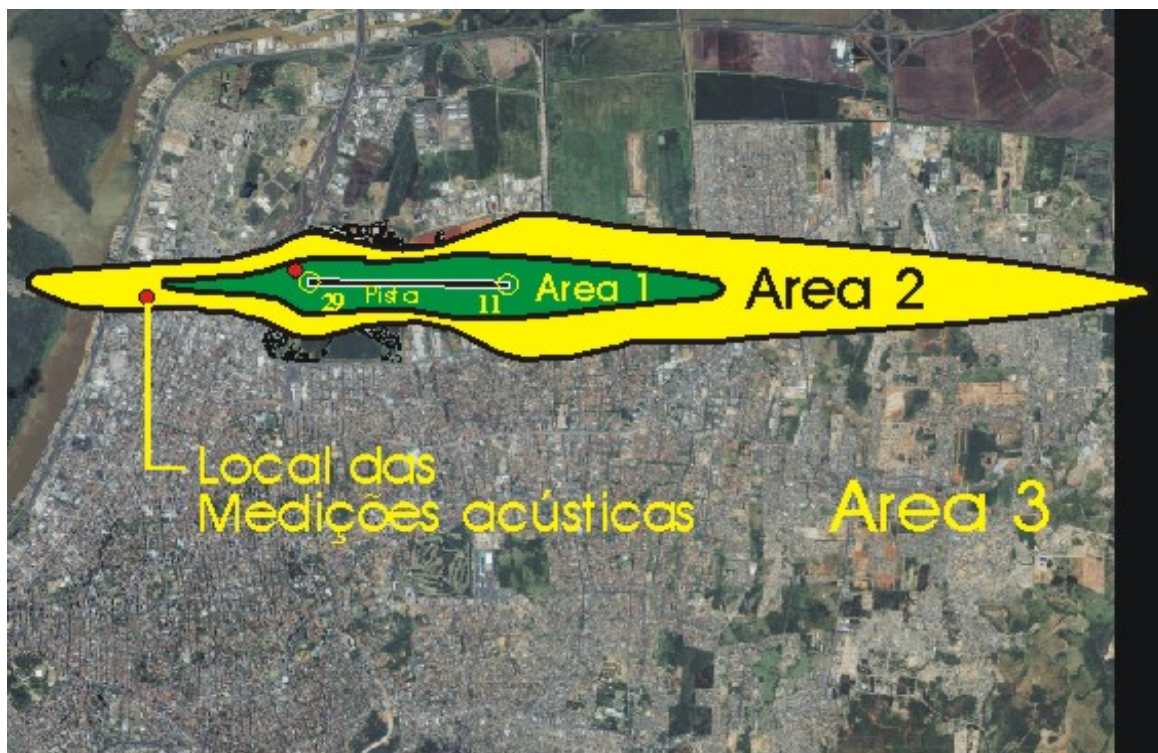


Figura 8. PEZR “Plano Específico de Zoneamento de Ruído” para o Aeroporto de Porto Alegre (imagem adaptada do software SIGMA)

2.11 COMENTÁRIOS SOBRE A NBR 8572 (ABNT, 1984): Fixação de valores de redução de nível de ruído para tratamento acústico de edificações expostas ao ruído aeronáutico

A NBR 8572 (ABNT, 1984) fixa os valores de redução de níveis de ruído necessários, proporcionados por fachadas e/ou coberturas de edificações, localizadas dentro da Área II dos Planos de Zoneamento de Ruído em Aeroportos, os quais seguem o esquema apresentado (Figura 9), delimitando três áreas distintas. Estabelece, para o aeroporto de Porto Alegre, o índice de Redução dos Níveis de Ruído – RR –, na faixa compreendida entre 35 e 40 dB_(A). A área dois é uma das zonas, além dos limites dos aeródromos, com restrições ao uso do solo e no interior da qual novas construções de residências, escolas, igrejas, hospitais, hotéis, motéis, teatros e auditórios devem ser evitadas. Sendo inevitável a construção de edificações desse tipo, recomenda-se um estudo detalhado do problema do ruído e adoção de medidas adequadas para o isolamento acústico desses edifícios, bem como para aqueles já existentes.

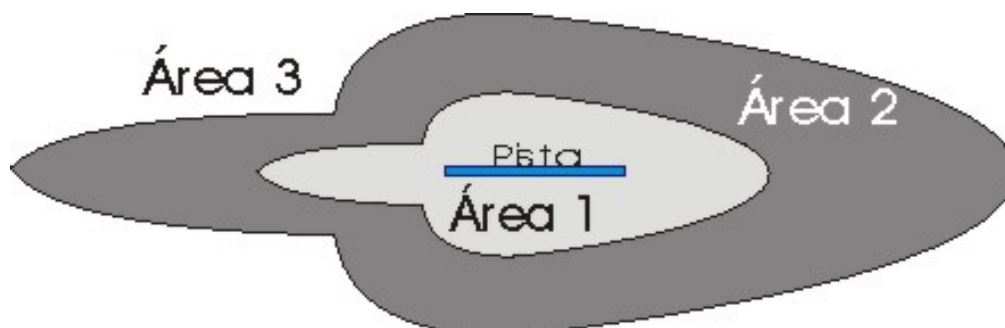


Figura 9. Esquema do Plano de Zoneamento de Ruído – PZR – (ABNT, 1984).

A norma é válida para residências, edifício de escritórios, indústria e comércio. Não são objetos dessa norma a fixação dos RR para: escolas, igrejas, hospitais, hotéis, motéis, teatros e auditórios, porque essas construções são mais restritivas, sob o ponto de vista acústico, que os valores apresentados nas tabela.

As localidades apresentadas são aquelas para as quais existem planos de zoneamento de ruído, em aeroportos aprovados pela Portaria do Ministério da Aeronáutica. A seguir é apresentada a Tabela 2, com os índices de Redução de Ruído, conforme o aeroporto e a cidade, e estabelecido na NBR 8572 (ABNT, 1984).

Tabela 2. Isolamento requerido para edificações situadas dentro da área II (ABNT, 1984)

NBR 8572: Fixação de valores de redução de nível de ruído para tratamento acústico de edificações expostas ao ruído aeronáutico.	
Aeroporto	Níveis de ruído- RR- em dB(A) para edificações situadas na Área II dos PZR
Bauru	de 35 a 40
Belo Horizonte	de 35 a 40
Campinas	de 35 a 40
Congonhas	de 35 a 40
Fortaleza	de 35 a 40
Foz do Iguaçu	de 35 a 40
Galeão	de 35 a 40
Guarulhos	de 35 a 40
Natal	de 35 a 40
Porto Alegre	de 35 a 40
Recife	de 35 a 40
Salvador	de 35 a 40

NBR 8572: Fixação de valores de redução de nível de ruído para tratamento acústico de edificações expostas ao ruído aeronáutico.	
Aeroporto	Níveis de ruído- RR- em dB(A) para edificações situadas na Área II dos Planos de Zoneamento de Ruído em aeroportos.
Aracaju	de 30 a 35
Brasília	de 30 a 35
Curitiba	de 30 a 35
Manaus	de 30 a 35
Manaus (Ponta Pelada)	de 30 a 35
Maringá	de 30 a 35
Paulo Afonso	de 30 a 35
Ribeirão Preto	de 30 a 35
São Luiz	de 30 a 35
Teresinha	de 30 a 35
Vitória	de 30 a 35
Altamira	de 25 a 30
Araçatuba	de 25 a 30
Campo Grande	de 25 a 30
Curitiba (Bacacheri)	de 25 a 30
Ilhéus	de 25 a 30
Londrina	de 25 a 30
Maceió	de 25 a 30
Marambá	de 25 a 30
Montes Claros	de 25 a 30
Porto Alegre (Canoas)	de 25 a 30
Porto Velho	de 25 a 30
Santarém	de 25 a 30
Tabatinga	de 25 a 30
Campina Grande	de 20 a 30
Campos	de 20 a 30
Fernando de Noronha	de 20 a 30
Florianópolis	de 20 a 30
Goiânia	de 20 a 30
Imperatriz	de 20 a 30
Itajaí	de 20 a 30
Belém	de 20 a 25
Joinville	de 20 a 25
Macapá	de 20 a 25
Presidente Prudente	de 20 a 25
Santos Dumont	de 20 a 25
São José do Rio Preto	de 20 a 25
Tefé	de 20 a 25
Uberaba	de 20 a 25
Uberlândia	de 20 a 25
Boa Vista	de 15 a 20
Corumbá	de 15 a 20
Rio Branco	de 15 a 20

2.12 COMENTÁRIOS SOBRE A NBR 10151 (ABNT, 2000): Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade

A NBR 10151 (ABNT, 2000) fixa as condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independente da existência de reclamações e especifica um método para a medição de ruídos. O método de avaliação envolve medições dos níveis de pressão sonora equivalentes, Leq , ponderados na curva A, $dB_{(A)}$. O período diurno é compreendido entre 07 e 22 horas e o período noturno nas demais horas. A mesma norma determina o índice NCA (Nível de Critério de Avaliação) para classificar níveis de ruído para ambientes externos, como indicado na tabela 3.

Tabela 3. Níveis de ruído máximos indicados pela NBR 10151, conforme o tipo de área (ABNT, 1987)

Nível de Critério de Avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)		
Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Sítios e fazendas	40	35
Estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Mista, predominantemente residencial	55	50
Mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Mista com vocação recreacional	65	55
Predominantemente industrial	70	60

2.13 COMENTÁRIOS SOBRE A NBR 10152 (ABNT, 1987): Níveis de ruído para conforto acústico

A NBR 10152 (ABNT, 1987) fixa os valores de ruído compatíveis com o conforto acústico, em dB_(A) e curvas NC, em ambientes diversos. Na tabela 4, o valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade. Os níveis superiores aos estabelecidos nesta tabela são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar risco de dano à saúde.

Tabela 4. Níveis máximos de ruído recomendados em diferentes tipos de edificações, para conforto acústicos, presentes na NBR 10152 (ABNT, 1987)

Locais	dB(A)	NC
Hospitais		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirurgicos	35-45	30-40
Laboratórios, Áreas para uso do público	40-50	35-45
Serviços	45-55	40-50
Escolas		
Bibliotecas, Salas de musica, Salas de desenho	35-45	30-40
Salas de aula, Laboratórios	40-50	35-45
Circulação	45-55	40-50
Hotéis		
Apartamentos	35-45	30-40
Restaurantes, Salas de Estar	40-50	35-45
Portaria, Recepção, Circulação	45-55	40-50
Residências		
Dormitórios	35-45	30-40
Salas de estar	40-50	35-45
Auditórios		
Salas de concertos, Teatros	30-40	25-30
Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35-45	30-35
Restaurantes		
	40-50	35-45
Escritórios		
Salas de reunião	30-40	25-35
Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35-45	30-40
Salas de computadores	45-65	40-60
Salas de mecanografias	50-60	45-55
Igrejas e Templos (cultos meditativos)		
	40-50	35-45
Locais para esporte		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45-60	40-55

2.14 AEROPORTO SALGADO FILHO

Atualmente, o Aeroporto Internacional Salgado Filho, localizado na figura 10, ocupa área patrimonial que tem a sua origem na antiga Sesmaria de Jerônimo de Ornellas. Com a morte de Ornellas, a área foi ocupada indiscriminadamente, até que a Brigada Militar, mediante processo envolvendo o Governo do Estado do Rio Grande do Sul, passou a utilizá-la parcialmente para desenvolvimento de unidades paramilitares no combate às periódicas revoluções (INFRAERO, 2004).



Figura 10. Mapa de Porto Alegre e localização do Aeroporto Internacional Salgado Filho (INFRAERO, 2004).

Tendo inicialmente uma pista de 600 m de comprimento, localizada no campo da várzea do Rio Gravataí, foram construídos dois galpões destinados a oficinas e hangares. Em 15/09/1923, foi finalizada a construção do primeiro Aeroporto de Porto Alegre, que pertencia ao Serviço de Aviação da Brigada Militar (INFRAERO, 2004).

Em 1933, a VARIG passou a operar com aviões dotados de trem de pouso, para operações em terra, tipo Junkers Júnior e F-L3, utilizando, desta forma, ainda que precariamente, as instalações do Aeródromo de São João. Em 1937/1938, foi dado início ao processo de desapropriações de terrenos adjacentes à área ocupada pelo Aeródromo de São João, para sua ampliação e construção do Aeroporto de Porto Alegre, recebendo oficialmente esta designação pelo Decreto Lei 2271, de 03 de julho de 1940 (INFRAERO, 2004).

Em 1942, na chefia do Serviço de Engenharia da 5ª Zona Aérea, o Engº Carlos Martins Futuro, por determinação superior, recebeu ordem de escolher uma nova direção para a pista, que seria pavimentada, e que pudesse atingir um comprimento de 3 km, bem como um local para a nova Estação de Passageiros, em vez da prevista para as proximidades da Avenida Sertório (INFRAERO, 2004).

As obras do aeroporto foram atribuídas à Secretária de Obras Públicas e, mais tarde, ao Departamento Aeroviário do Estado, que deu início à construção do atual Terminal de Passageiros e à pavimentação do primeiro trecho de 900 x 42 m da pista atual. Com esta melhoria os aviões triciclos, tipo Convair 240, 340, 440 e Constellation, já tinham condições de pouso no aeroporto (INFRAERO, 2004).

Em 12 de outubro de 1951, pelo Decreto Lei nº 1457, foi o Aeródromo de São João, ou, simplesmente, Aeroporto de Porto Alegre, designado de 'Aeroporto Internacional Salgado Filho'. Posteriormente, foram construídos mais de 700 m de pista de concreto, em convênio com a União e o Estado sob a Fiscalização do Serviço de Engenharia da 5ª Zona Aérea (INFRAERO, 2004).

Em continuação ao trecho executado pelo Estado, mas sob a direção do 5º COMAR, foi construído o último trecho da pista (até o comprimento de 2.280 m), bem como a execução das pistas de rolagem e ampliação do pátio de estacionamento para suportar aeronaves de grande porte (INFRAERO, 2004).

Em 12/12/1972 a INFRAERO - Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária é criada, através da Lei 5862 e, em 07 de janeiro de 1974, assume a administração, operação e exploração comercial e industrial do aeroporto. Desde 1993 o prédio do aeroporto passou a sofrer reformas proporcionando melhorias aos usuários. Em 28 de dezembro de 1996, foi assinado um contrato entre a Empresa Brasileira de Infra-Estrutura

Aeroportuária - INFRAERO e a Construtora Beter S/A, para construção do novo Complexo Aeroportuário Internacional Salgado Filho, com previsão para inauguração em 2001 (INFRAERO, 2004).

As obras do novo terminal foram iniciadas em janeiro de 1997 e concluídas em setembro de 2001. Este terminal recebeu equipamentos de última geração e incorpora o que há de mais moderno na concepção de terminais de passageiros construídos pela INFRAERO. Ele foi construído para atender a uma demanda de até 4 milhões de passageiros por ano. O antigo terminal tinha capacidade para 1,5 milhão de passageiros por ano. Em 2000, o movimento do Aeroporto Internacional Salgado Filho foi de 2,5 milhões de passageiros (INFRAERO, 2004).

Com 37.600 m² de área construída e quatro pavimentos, o novo Terminal de Passageiros pode receber até 28 aeronaves de grande porte, simultaneamente. O pátio de aeronaves, em concreto protendido, foi dimensionado para atender inclusive a aeronaves do tipo Boeing 747-400. O edifício-garagem tem oito pavimentos, possui área de 44.000 m² e capacidade para 1.440 vagas (INFRAERO, 2004).



Figura 11. Fotos do Aeroporto Internacional Salgado Filho (INFRAERO, 2004)

O Aeroporto Internacional Salgado Filho possui, ainda, Terminal de Carga Aérea, construído em 1974, com 9.500 m² de área e capacidade de 1.500 toneladas de carga exportada e 900 toneladas de carga importada, mensalmente. Na segunda etapa das reformas no aeroporto, a INFRAERO prevê a ampliação da pista de pouso e decolagem para 3.000 m x 45 m, bem como ampliação do “Sistema de Aproximação de Precisão para Pouso por Instrumento Categoria II” (INFRAERO, 2004).

O movimento médio diário do Aeroporto Internacional Salgado Filho (chegadas e partidas) é de 174 aeronaves de vôos regulares, ligando Porto Alegre direta ou indiretamente, a todas as capitais do país, às cidades do interior dos Estados do Sul e São Paulo, além de linhas internacionais com vôos diretos aos países do Cone Sul e saídas para Nova York, Miami e Frankfurt, com escalas em São Paulo (INFRAERO, 2004). A seguir, a Tabela 5, (INFRAERO, 2004), apresenta informações resumidas sobre o Aeroporto Internacional Salgado Filho.

Tabela 5. Dados técnicos do Aeroporto Salgado Filho (INFRAERO, 2004).

Descrição	Quantidades
Área Total Construída	37.600 m ²
Pista de Pouso e Decolagem	2.280 m x 45 m
Pista Principal	2.280 x 42m (asfalto)
Pista Alternativa	1.235 x 23m (asfalto)
Pátio de Aviação Regular	92.400 m ²
Pátio de Aviação Geral	34.000 m ²
Pátio de Aviação não-regular	16.000 m ²
Movimento Atual (2000)	2,8 milhões de passageiros/ano
Pousos e Decolagens (2000)	62.124
Carga Aérea (2000)	47.261.196 kg

2.15 EVOLUÇÃO DO TRANSPORTE AÉREO NO BRASIL

A evolução, da Política do Transporte Aéreo, passou, basicamente, por três fases (JETSITE, 2005), durante as quais, esteve sempre presente o critério político da preservação da soberania e do mercado aéreo brasileiro. Apenas no início da exploração das primeiras linhas nacionais, em 1927, autorizaram-se duas empresas estrangeiras a operarem no Brasil, (Condor Syndikat e Aéropostale) visando, unicamente, o atendimento ao usuário e a integração do território.

A fase compreendida entre a década de 40 e o início da década de 60, foi marcada por viabilizar a abertura de mais de 20 empresas aéreas, uma oferta excessiva em relação a uma pequena demanda de usuários. Nesta primeira fase, muitas companhias faliram, foram absorvidas ou se fundiram, tendo como conseqüências a redução nos níveis de segurança e falta de regularidade dos vôos.

Na década de 60, a aviação comercial brasileira alcançava uma crise econômica de graves proporções, causada por diversos fatores, como:

- a) a baixa rentabilidade do transporte aéreo, devida a concorrência excessiva;
- b) a necessidade de novos investimentos para a renovação da frota, visando à substituição das aeronaves do pós-guerra, cuja manutenção tornava-se difícil e cuja baixa disponibilidade prejudicava a regularidade do serviço;
- c) as alterações na política econômica do país, que retirou das empresas aéreas o benefício do uso do dólar preferencial para as importações.

Com vistas viabilizar o prosseguimento do desenvolvimento da exploração comercial aérea, empresas e governo criaram a (Conferências Nacionais de Aviação Comercial) – CONAC – para estudar possíveis mudanças na política nacional aérea.

As deliberações (1963 a 1968), conclusões e recomendações, a que se chegaram nessas conferências, conduziram a uma política de estímulo à fusão e associação de empresas, com o fim de reduzir o seu número a um máximo de duas, na exploração do transporte internacional, e três, no transporte doméstico. Assim, iniciou-se o regime de competição controlado, em que o governo passou a intervir pesadamente nas decisões administrativas

das empresas, seja na escolha de linhas, no re-equipamento de frotas e no estabelecimento do valor das passagens.

Iniciou-se, assim, a segunda fase que se estendeu até a década de 80. Nesta, foram adquiridos os primeiros aviões turbo-hélice e jatos da aviação civil brasileira. Com a introdução de aeronaves mais modernas, e de maior porte, as empresas optaram por servir apenas as cidades de maior expressão econômica, cujo mercado viabilizasse a prestação do serviço. Assim, em um total de 335 cidades servidas por linhas aéreas em 1958, somente 92 continuaram a dispor do serviço em 1975.

Atento ao problema, o Ministério da Aeronáutica decidiu criar uma nova modalidade de empresa aérea, a empresa regional, para atender as cidades interioranas, dentro do conceito do novo sistema de transporte aéreo regional, que foi criado pelo Decreto N.º 76.590, de 11 de novembro de 1975.

Assim, para operarem nas cinco regiões em que se dividiu o território nacional, foram criadas, em 1976, as empresas:

- a) RIO-SUL (RS, RJ, ES e SP);
- b) NORDESTE (MA, ES e MG);
- c) TAM (MS, MT e SP);
- d) TABA (AM, PA e MT);
- e) VOTEC (TO, GO, DF, PA, MG e MT).

Ao longo da década de 80, e mais especialmente, ao seu final, uma nova ordem política, econômica e social começou a se instalar, de uma maneira global, em quase todos os países do mundo. Essas mudanças filosóficas, marcadas pela predominância do pensamento liberal, influenciaram o governo a reduzir o controle sobre a economia.

A partir de 1986, o governo passou a abandonar o regime de indexação da economia e de fixação de preços. O Ministério da Aeronáutica, por intermédio do Departamento de Aviação Civil – DAC –, definiu-se, a partir de 1989, por uma política de flexibilização tarifária por faixas de variação de preço, em torno de valores fixados pelo DAC,

correspondente à tarifa básica. Foi o início da 3ª fase da evolução da política para o transporte aéreo, na qual foram estabelecidas:

- a) a abertura do mercado doméstico para a entrada de novas empresas, tanto de transporte regular, quanto de transporte geral, incluindo regionais e cargueiras, as quais passaram de 17, em 1991, para um total de 41 nos dias atuais;
- b) o fim da delimitação de áreas para exploração do transporte regional e a exclusividade desfrutada, dentro das mesmas, por algumas empresas; flexibilizaram-se os parâmetros para a concessão de linhas;
- c) designação de novas empresas nacionais para explorar o transporte aéreo internacional;
- d) admissão para a criação e o licenciamento de empresas para atuarem na modalidade “charter”, para exploração do transporte aéreo não regular de cargas e passageiros.

Em 1990, seis empresas passaram a explorar o transporte aéreo não regular (geral), e o seu número continuou crescendo, chegando a 23 em 1995. Entretanto, em 1998, somente oito delas continuavam funcionando devido a uma demanda insuficiente em relação à oferta.

Apesar dos resultados insatisfatórios obtidos pelas empresas não regulares o DAC não considera frustrada a iniciativa de buscar novas formas de desenvolvimento desta ou de novas modalidades de transporte aéreo que se criem como decorrência do desenvolvimento da indústria do transporte aéreo.

2.16 CLASSIFICAÇÃO DE AERONAVES CONFORME O ANEXO 16 DA OACI

O Anexo 16 da OACI (OACI, 1988) estabelece os critérios para se obter a certificação acústica e posterior classificação dos aviões conforme sua respectiva emissão de ruídos, em categorias, cada qual descrita em um Capítulo do Anexo 16. A seguir, apresentamos, resumidamente, os capítulos referidos acima. Além dos capítulos em vigor está previsto um novo padrão de ruído, que estabelece o Capítulo 4, mais restritivo que o Capítulo 3, e que deve vigorar a partir de janeiro de 2006. As aeronaves são classificadas sob os seguintes domínios:

- a) NC - Não Certificadas: são aeronaves fabricadas nas décadas de 50 e 60, geralmente, equipadas com a primeira geração de motores, também chamados de jatos puros. São consideradas extremamente ruidosas. Ex.: B707, Concorde, etc;
- b) CAP 2 - Capítulo 2 do Anexo 16 (volume 1): são aeronaves subsônicas, cujo certificado de aeronavegabilidade do protótipo foi aceito antes de 6 de outubro de 1977. Estas aeronaves, geralmente, são equipadas com a segunda geração de motores a reação sendo, portanto, consideradas medianamente ruidosas. Ex.: B-727-200, B-737-200 ADV, B-747-100, DC-09, etc;
- c) CAP 3 - Capítulo 3 do Anexo 16 (volume 1): são aeronaves subsônicas, cujo certificado de aeronavegabilidade do protótipo foi aceito após 6 de outubro de 1977; aeronaves a hélice, com mais de 5.700 kg, cujo certificado de aeronavegabilidade foi aceito entre 1 de janeiro de 1985 e 17 de novembro de 1988; e aeronaves com hélice, com mais de 9.000 kg, cujo certificado foi aceito depois de 17 de novembro de 1988. Trata-se de aeronaves mais modernas, equipadas com a terceira geração de motores a reação e consideradas pouco ruidosas. Ex.: F100, B-737-300/400/500, B-747-300, DC10/30, MD11, A340, A300, B-777, etc;
- d) CAP 5 – Aviões a hélice, com peso superior a 5.700 Kg, cujo protótipo tenha sido aceito antes de janeiro de 1985;
- e) CAP 6 – Aviões a hélice, com peso até 9.000 Kg, com certificação homologada até novembro de 1988;
- f) CAP 10 - Aviões a hélice, com peso até 9.000 Kg, com certificação homologada após novembro de 1988.

2.17 DADOS TÉCNICOS DE AERONAVES MONITORADAS

A Tabela 6 apresenta as características técnicas das aeronaves monitoradas com maior representatividade no fluxo regular diurno do aeroporto em estudo. Nesta, pode-se verificar quais os equipamentos utilizados por cada companhia aérea, assim como o respectivo fabricante de cada modelo e demais dados técnicos de cada aeronave.

Tabela 6. Dados técnicos das aeronaves mais representativas do fluxo no aeroporto Salgado Filho (adaptado de: JETSITE,2005)

Motores/Empuxo	2x PW JT8D-15A (7.031kg)	2x CFMI CFM56-3B1 (9.979kg)	2x CFMI CFM56-3B1 (8.390kg)	2x CFMI CFM56-7B (10,977 kg)	2x CFMI CFM56-7B (12,394 kg)
Peso max. decol (kg)	52.400	56.470	52.390	70.130	78.240
Vel. Cruzeiro (Km/h)	904	800	800	785	785
Alcance (km)	3435	4175	4395	6.038	5.449
Passageiros	103	138	108	149	189
Primeiro voo	ago/67	fev/84	jun/89	1996	jul/97
Entregues	1114	1113	402	556	810
Em operação	686	1051	381	555	810
Companhias BRA	Vasp, Vaspex, TAF e Rico	BRA, Rio Sul, Varig, Vasp, Gol.	RSL Varig	RioSul, Varig, Gol	Varig e Gol

3 METODOLOGIA

3.1 FORMAÇÃO DO BANCO DE DADOS

O estudo foi baseado em 02 blocos de coletas de dados diários, de 2^a a 6^a feira, registrados nos meses de maio, outubro e novembro de 2004, no período considerado diurno e compreendido entre 07 e 22 horas, em um único ponto, dentro da Área II do PEZR do aeroporto Salgado Filho, conforme mostra a Figura 12.

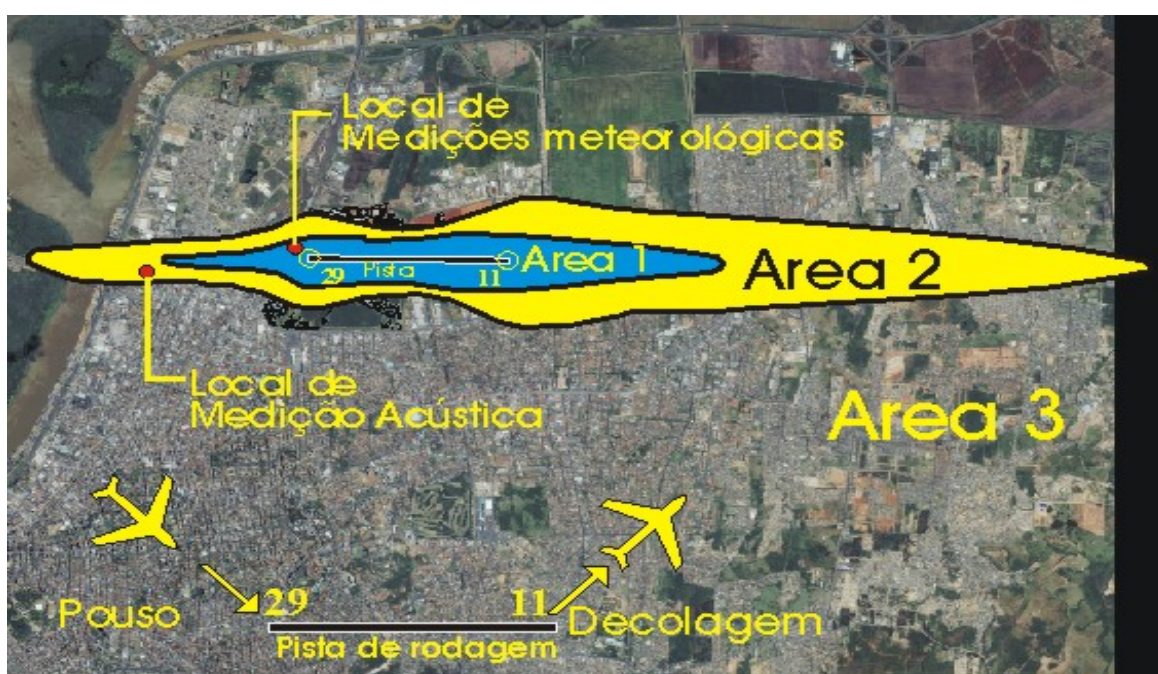


Figura 12. Localização dos equipamentos de medições acústicas e medições meteorológicas, e identificação das cabeceiras da pista de rodagem (Imagem adaptada do software SIGMA)

O banco de dados apresenta os níveis de ruído, as condições meteorológicas e os diferentes tipos de aeronaves e características dos vôos medidos, identificando o respectivo período do dia, assim como a duração de cada evento (passagem de avião) e o ruído de fundo horário, referente a cada evento. As amostras recolhidas foram essencialmente resultantes de aterrissagens e ocasionalmente de decolagens (conforme o sentido da pista utilizada no dia de cada medição). O banco de dados (em anexo) se divide em quatro tabelas, cada qual apresentando:

- a) **Fluxo de aeronaves:** Modelo da aeronave, companhia aérea, número do voo, especificação de turbinas, carga e número de passageiros transportados no voo em estudo e o respectivo horário de chegada ou partida do mesmo.
- b) **Condições meteorológicas:** horário de coleta, direção e velocidade do vento, temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica do ar.
- c) **Eventos:** Medições acústicas dos eventos resultantes da passagem dos aviões, registrados em Leq , em dB e $dB_{(A)}$; $L_{máx}$, em $dB_{(A)}$; L_{Min} , $dB_{(A)}$; SEL em $dB_{(A)}$
- d) **Ruído de fundo:** Medições acústicas do ruído de fundo (sem a presença dos aviões), a cada hora, contendo os registros de Leq , em dB e $dB_{(A)}$; $L_{máx}$, em $dB_{(A)}$; $L_{Mín}$, $dB_{(A)}$; SEL em $dB_{(A)}$; L1, L5, L10, L50, L90, L95, L99.

3.1.1 Fluxo de aeronaves

Apresenta as informações referentes ao histórico do fluxo de aeronaves, fornecido pela INFRAERO. As informações de tráfego são indispensáveis para identificar, com exatidão, cada aeronave registrada pelo sonômetro e correlacionar a potência e o tipo de aeronave, em relação ao ruído coletado no local das medições. A INFRAERO também forneceu dados que permitiram identificar se os eventos registrados foram de pouso ou decolagem, pois, dependendo da força e direção do vento, o aeroporto pode alterar o sentido de uso da pista. Como o sonômetro ficou fixo em um único ponto (os aviões pousam pelo lado da pista no qual estava instalado o sonômetro – cabeceira 29), foram registradas, no período, operações de pouso e decolagem, somando um total de 697 eventos. Registrou-se, para cada avião monitorado (ver: banco de dados em anexo):

- a) nome da companhia aérea;
- b) código do voo;
- c) horário de pouso ou decolagem;
- d) classe do voo (internacional ou doméstico);
- e) origem e destino;
- f) número de passageiros a bordo e carga a bordo.

3.1.2 Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram obtidos a partir dos registros da estação meteorológica da INFRAERO, presente na torre de controle, localizada na cabeceira da pista 29, do aeroporto em estudo. Foram recolhidos dados referentes à direção e força do vento, umidade relativa do ar, temperatura e pressão atmosférica, a cada hora (METAR⁹) ou a cada mudança significativa das condições meteorológicas (SPECI¹⁰).

Os dados são gravados em forma de códigos e utilizados pela INFRAERO para operar e organizar o tráfego, operando pelo horário de Greenwich. Os códigos, METAR e SPECI, contêm as seguintes informações, na seqüência:

- a) grupos de identificação;
- b) vento à superfície;
- c) visibilidade;
- d) alcance visual na pista;
- e) tempo presente;
- f) nuvens (ou visibilidade vertical, se for o caso);
- g) temperaturas do ar e ponto de orvalho;
- h) pressão (QNH).

Os dados recebidos foram decodificados, contando com a ajuda dos meteorologistas presentes na torre de controle do aeroporto em estudo. O manual de decodificação é possui um total de 105 páginas no formato A4, explicando todos os tipos de códigos utilizados. Apuraram-se, apenas, os dados que influenciariam nas medições acústicas e que estão presentes no banco de dados. Os dados de direção e velocidade do vento também indicam quais as pistas que operam para decolagem e pouso.

⁹ METAR: (regulares) código utilizado para descrição completa das condições meteorológicas observadas em um aeródromo. É reportado de hora em hora ou, em determinadas localidades, de meia em meia hora. Em nosso estudo obtivemos dados a cada hora.

¹⁰ SPECI: (Especial) código utilizado para descrição completa das condições meteorológicas observadas **quando ocorrem variações significativas** entre os intervalos das observações METAR.

Existe apenas uma pista no aeroporto Salgado Filho, porém esta é identificada como sendo duas, dependendo do sentido da decolagem. A cabeceira da pista situada a 290° é identificada como sendo a pista 29. A outra extremidade da pista está situada a 110° e é denominada pista 11. Na maioria dos casos utiliza-se a pista 11, para decolagem e a pista 29, para aterrissagem. Isto ocorre devido ao vento predominantemente advindo do quadrante entre 200° e 20° . Assim, os aviões decolam contra o vento e as medições acústicas basearam-se, na maior parte do tempo, em ruídos advindos das aterrissagens das aeronaves (90% dos casos) e, ocasionalmente, em ruídos advindos de decolagens (10% dos casos). Apesar do pequeno número de decolagens medida, em relação ao número de aterrissagens, pode-se fazer uma avaliação dos níveis de ruído provenientes de decolagens, em relação aos níveis de ruído de aterrissagem. As Figuras 13 e 14, a seguir, representam de forma esquemática como funcionam os sentidos das pistas no aeroporto Salgado Filho.



Figura 13. Condições meteorológicas predominantes de direção do vento, que determinam o sentido do pouso e a respectiva cabeceira de aterrissagem

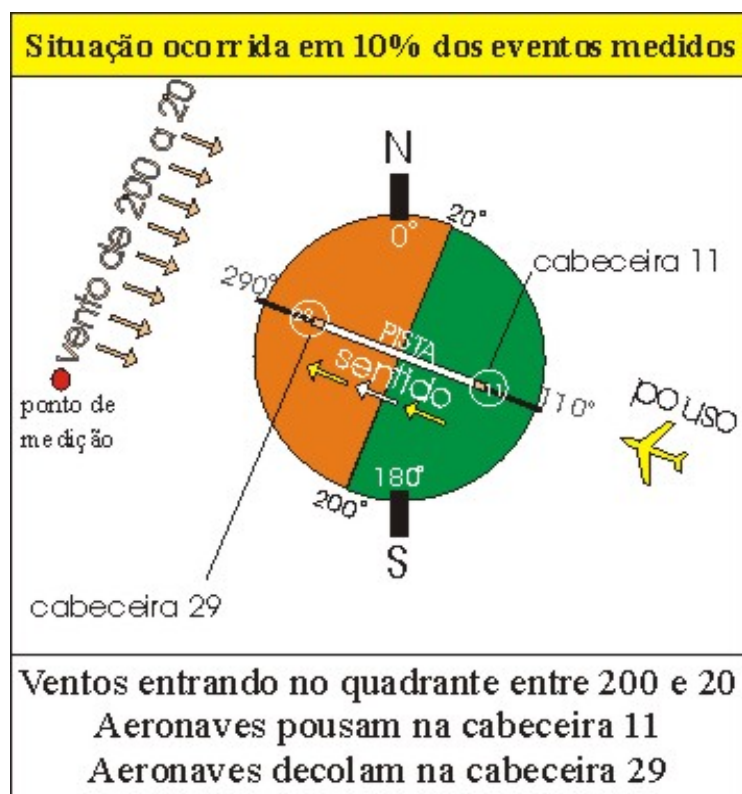


Figura 14 Condições meteorológicas de direção de vento, que determinam o sentido menos frequente do pouso e a respectiva cabeceira de aterrissagem

A ISO 3891 (ISO, 1978) - *Procedimentos para descrever o ruído aeronáutico percebido no solo* - reconhece como válidas, apenas as medições acústicas feitas em condições meteorológicas com velocidade do ar não podendo ultrapassar cinco metros por segundo (10 nós), com medições feitas a uma altura de 10 metros acima do solo. A ISO também estabelece que para uma umidade relativa menor que 20%, a temperatura atmosférica não pode estar abaixo de 5° C. Porém, devido à falta de atualização dessa norma, optou-se por seguir as recomendações feitas no *Guia Sobre as Características Técnicas dos Sistemas de Monitoramento Automático de Ruído Aeronáutico*, publicado pelo Serviço Técnico da Navegação Aérea (STNA, 2002). O Guia fornece margens meteorológicas mais abrangentes para validar as medições. Assim, validaram-se as medições com ventos na velocidade de até seis metros por segundo (12 nós) e temperatura do ar compreendida entre -30° e +50° C. As demais condições meteorológicas seguiram as delimitações da norma IEC 61672.

3.1.3 Medições Acústicas

3.1.3.1 Localização

A escolha do local foi direcionada com vistas a atender às recomendações presentes nas normas ISO 3891 (ISO, 1978) e no guia de monitoração do STNA (STNA, 2002). Assim, o local deveria, primeiramente, ser reflexo do tipo de estudo que se pretendia fazer (comparação com os traçados das curvas de ruído, verificação da certificação das aeronaves, ruído axial, ruído lateral, operações de pouso, ou decolagem, etc.). A primeira opção, de fazer medições refletindo a situação mais crítica de exposição sonora, quanto ao ruído percebido no solo, referente a decolagens em medições do tipo axial (medições sob o eixo da rota principal do avião), teve de ser descartada. Infelizmente, não foi encontrado nenhum local apropriado para efetuar tais medições, em caráter contínuo. A necessidade de segurança do equipamento, a falta de pessoal para acompanhar as medições em campo, assim como medições noturnas, excluíram essa possibilidade.

Optou-se por efetuar medições no período diurno, referentes a pousos em um único ponto, situado a, aproximadamente, 1.859 metros da cabeceira mais próxima da pista de rolagem.

O monitoramento dos procedimentos da fase de aproximação para pouso, segundo o guia do STNA (STNA, 2002), deve ter sua estação de medição acústica situada sob a rota principal do avião (axial) e localizada a uma distância aproximada de 2000 metros da cabeceira da pista.

Outra restrição importante trata da altura do aparelho em relação ao solo. Este deveria ficar situado a uma altura compreendida entre 6 e 10 metros e posicionado sobre um mastro. Tal medida, recomendada no guia do STNA (STNA, 2002), visa obter uma diferença de 10 a 15 dB entre o ruído de fundo médio (noturno) e o ruído do avião máximo ($L_{m\acute{a}x}$). Em testes feitos no local escolhido, verificou-se que a diferença entre o ruído de fundo (diurno) e o $L_{m\acute{a}x}$ dos aviões comerciais ficou compreendida entre 8 e 20 dB. Tais testes foram feitos no período diurno, embora o guia do STNA (STNA, 2002) recomendasse efetuar os testes em período noturno. Como a pesquisa tinha o objetivo de verificar o período diurno, tão somente, tais resultados foram julgados aceitáveis, pois

compreendiam a diferença, de 10 a 15 dB, recomendada. A altura do microfone (16 metros), favoreceu a recepção do sinal acústico proveniente dos aviões.

Assim, o local onde se efetuaram as medições acústicas se encontrava a, aproximadamente, 1.860 metros da cabeceira de pista (29) mais próxima (Figura 15). O aparelho foi colocado no ponto mais alto dos arredores e apresenta uma visão livre de 360°, sem obstáculos ou superfícies reflexivas interferindo nas medições (Figura 17), conforme os documentos citados anteriormente STNA (STNA, 2002) e ISO 3891 (ISO, 1978). Os dados foram recolhidos sobre a caixa d'água do centro comercial DC Navegantes (Figura 16), localizado na Avenida Frederico Mentz, 1909 em Porto Alegre. O ponto de medição encontrava-se a, aproximadamente, 16m de altura do solo. O aparelho foi montado sobre um tripé, a 3m de altura do piso da caixa d'água, sobre uma pequena laje com dimensões de, aproximadamente, 1,20m x 0,8m e ao lado de um sinalizador de altura para aviões (Figura 16). O medidor ficou instalado a uma altura de 1,50m em relação a esta pequena laje. Mais tarde descobriu-se que tal local já fora utilizado pelo DAC para efetuar medições acústicas.



Figura 15. Distância entre o ponto de medição acústica e a cabeceira 29 da pista de rodagem (Imagem adaptada do software SIGMA)



Figura 16. Caixa de água (foto à esquerda) e posicionamento do sonômetro sobre a mesma (foto à direita)

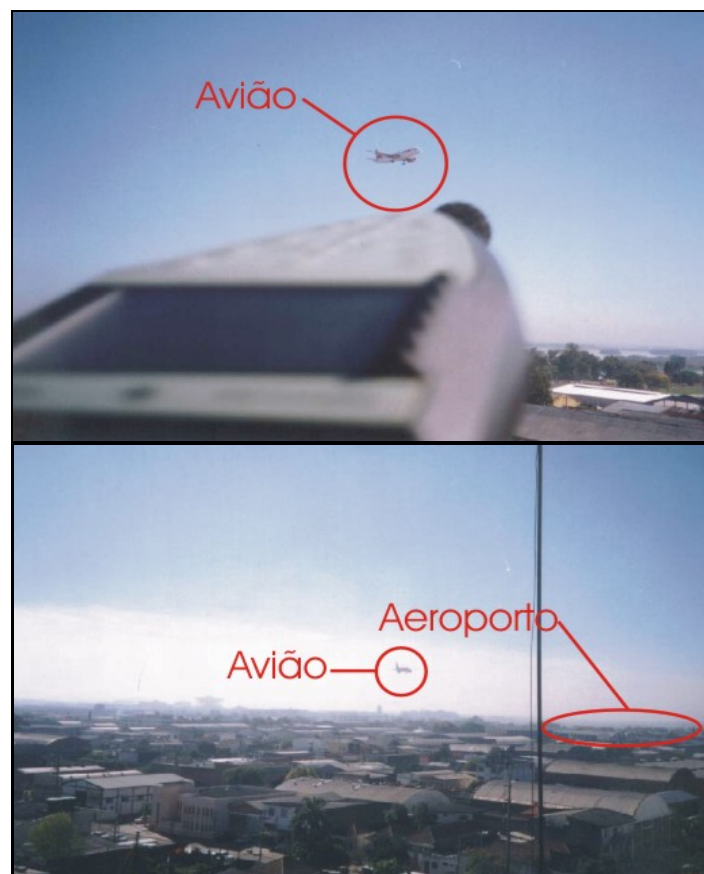


Figura 17. Fotos tiradas no ponto de medição acústica: Avião em operação de pouso, aproximando-se do Aeroporto Salgado Filho

3.1.3.2 Equipamento e parâmetros utilizados

Para esta pesquisa, foram utilizados equipamentos do NORIE-UFRGS:

- a) Analisador de Som, em tempo real, modelo 2260 portátil (Figura 18), marca Brüel & Kjaer e microfone onidirecional, com condensador de ½ polegada, do tipo 1, atendendo à norma IEC 61672 e ISO 3891 (ISO, 1978), assim como às recomendações do guia STNA (STNA, 2002).
- b) Calibrador externo atendendo às especificações de classe um, da norma IEC 60942.

As medições foram feitas em modo linear e ponderadas na curva A, registrando as frequências em 1/3 de oitavas, compreendidas entre 20 Hz e 20.000 Hz e atendendo às faixas de frequências, apontadas no guia do STNA (STNA, 2002), compreendidas entre 50 e 10.000 Hz.

Conforme o STNA (STNA, 2002), o aparelho deveria atuar registrando ruídos compreendidos entre 30 e 140 dB, a cada 0,5 segundos, porém nos foi possível apenas fazer registros a cada segundo, dentro da faixa compreendida entre 40 dB e 120 dB. É importante salientar que, em nenhum momento nas medições, o ruído medido ficou fora dessa faixa.

Todos registros foram efetuados no modo F (Fast) e identificados por seu horário durante o tempo total de medição. As medições acústicas foram realizadas e arquivadas por dia, no período diurno. O aparelho possui relógio interno e foi programado para iniciar os registros às 07 horas e encerrar os mesmos às 22 horas, fazendo um registro a cada segundo durante este intervalo de 15 horas diárias de medições, somando um total de 54.000 registros por dia de medição.

O aparelho era calibrado, com calibrador externo, antes do início de cada medição diária. Também se programou o aparelho para fazer uma calibração interna, a cada 5 horas, ou seja, o aparelho foi calibrado nos seguintes momentos:

- a) 07 horas – 1ª calibração (calibração externa);
- b) 12 horas – 2ª calibração (calibração interna);

- c) 17 horas – 3^a calibração (calibração interna);
- d) 22 horas – 4^a calibração (calibração interna).

O aparelho foi programado para registrar os seguintes parâmetros:

- a) LAeq: Nível contínuo equivalente, ponderado na curva A, referente à duração do registro;
- b) LLeq: Nível contínuo equivalente, sem ponderações, referente à duração do registro;
- c) LAFmin: Valor, ponderado na curva A, mínimo detectado durante o registro, no modo FAST;
- d) LAFmáx: Valor, ponderado na curva A, máximo detectado durante o registro, no modo FAST;
- e) LLpk(MaxP): Valor linear máximo do pico detectado durante o registro;
- f) LAF1: Nível de pressão sonora, ponderada em A, que foi excedido em 1% do tempo de medição, no modo FAST;
- g) LAF5: Nível de pressão sonora, ponderada em A, que foi excedido em 5% do tempo de medição, no modo FAST;
- h) LAF10: Nível de pressão sonora, ponderada em A, que foi excedido em 10% do tempo de medição, no modo FAST;
- i) LAF50: Nível de pressão sonora, ponderada em A, que foi excedido em 50% do tempo de medição, no modo FAST;
- j) LAF90: Nível de pressão sonora, ponderada em A, que foi excedido em 90% do tempo de medição, no modo FAST;
- k) LAF95: Nível de pressão sonora, ponderada em A, que foi excedido em 95% do tempo de medição, no modo FAST;
- l) LAF99: Nível de pressão sonora, ponderada em A, que foi excedido em 99% do tempo de medição, no modo FAST;
- m) LAE (SEL): nível de ruído, em dB(A), aplicando a duração (SEL =Sound Exposure Level) , no modo FAST;

As medições foram consideradas como advindas de Campo Distante (Far Field), onde a distribuição de energia acústica se encontra a uma distância suficientemente grande, de forma a se poder desconsiderar o tamanho da fonte. Utilizou-se, na ponta do microfone, um protetor contra vento (Wind-screen). O uso deste acessório foi selecionado na programação do aparelho, o qual faz uma correção automática dos dados obtidos, quando do uso deste protetor.

3.1.3.3 Transcrição das medições acústicas

No fim de cada dia, os dados obtidos pelo medidor acústico foram transferidos para um computador, com o uso do Software da B&K: Evaluator 7820. Para transferência, o medidor é conectado na porta COM2 (impressora) do PC, por um cabo de ligação A0 1442 (Figura 18). A transferência foi feita numa velocidade de 38400 e durava, aproximadamente, 2h e 30min. Após a transferência, os arquivos eram salvos com o nome do dia em que foi efetuada a medição. O software oferecia uma opção de transferência com velocidade superior (115200), porém essa velocidade de transferência apresentou problemas. Assim, conforme sugestão do fabricante, a transferência foi feita na velocidade de 38400. O processo se apresentou mais demorado, porém com maior sucesso na transferência dos dados.

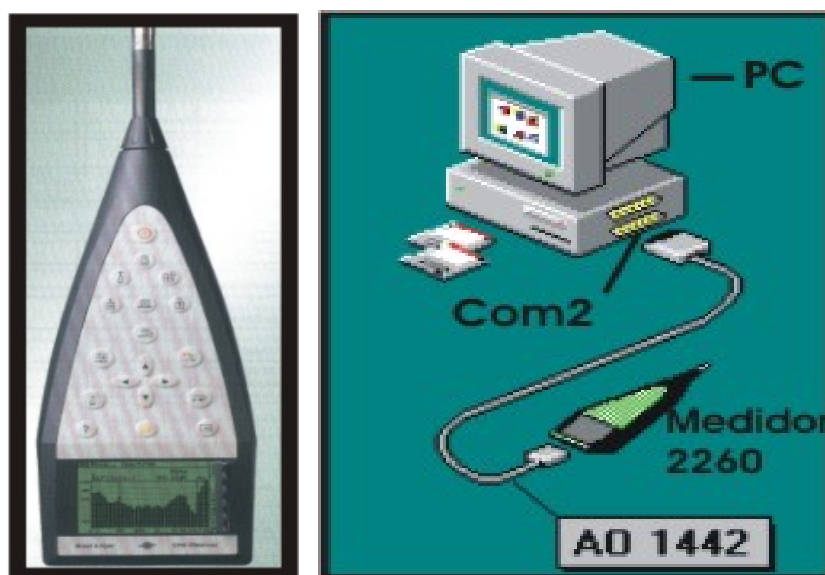


Figura 18. Sonômetro B&K modelo 2260 (foto à esquerda) e transferência de dados (foto à direita)

3.1.3.4 Uso do Software Evaluator

O software (Figura 19) apresenta três gráficos e uma planilha de informações. O gráfico superior apresenta o histórico da medição, com um registro por segundo. Neste, vê-se os níveis de ruído captados em diferentes momentos do dia. A planilha abaixo desse gráfico apresenta os resultados obtidos nos períodos selecionados no gráfico, através do cursor do mouse. No canto inferior esquerdo, o gráfico apresenta as frequências (Hz), em terços de oitava, do mesmo período selecionado no gráfico do histórico. No canto inferior direito, o gráfico apresenta as porcentagens L_1 , L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95} , L_{99} para o intervalo de tempo selecionado.



Figura 19. Tela principal do software Evaluator, utilizado para a análise dos dados acústicos.

3.1.3.5 Seleção de um evento

Com o uso do software Evaluator e dados de fluxo aeronáutico, foi possível identificar e retirar os eventos aeronáuticos das medições diárias. O software permite, além de identificar eventos, recortar as medições correspondentes. Assim sendo, recortaram-se todos os eventos identificados, os quais passaram a fazer parte de um único arquivo. Assim, foi possível avaliar com maior exatidão a perturbação que os aviões causaram no momento de sua passagem. Essa operação de subtração permitiu fazer uma avaliação de como seria o ambiente sonoro no ponto medido, sem a presença dos aviões. Para cada dia, foi então obtido, um índice $dB_{(A)}$ de Ruído de Fundo em Leq. Durante os 10 dias de medições, o ruído de fundo apresentou um desvio padrão de $1,9 dB_{(A)}$.

Com os dados de ruído de fundo diários foi possível fazer uso de um dispositivo presente no software, chamado de marcador automático, identificando todos os eventos sonoros que excederam o ruído de fundo em 5 decibéis durante, pelo menos, 5 segundos. O marcador automático fez inúmeras marcações durante o dia analisado. Posteriormente, com os dados de fluxo aeronáutico, identificaram-se quais os ruídos demarcados eram provenientes de aviões e desmarcaram-se os demais ruídos, sem origem aeronáutica. O método adotado permitiu que os eventos aeronáuticos fossem identificados com sucesso, sendo que, em média, estes se encontravam, no mínimo, 5 decibéis acima do ruído de fundo, durante 20 segundos.

O ruído aeronáutico tem características próprias, pois representa um ruído que começa a se destacar do ruído de fundo e vai aumentando sua intensidade, até atingir o pico máximo, após o qual começa a decrescer na mesma velocidade com que apareceu. Como o pouso acontece com as aeronaves em baixa velocidade, os gráficos se assemelhavam, principalmente no quesito tempo de duração do evento. Todas essas características, juntamente com o fluxo fornecido pela INFRAERO, nos permitiram identificar os aviões com grande sucesso.

Medições anteriores às apresentadas tiveram de serem refeitas, por não se dispor do fluxo aeronáutico do período. Conseguia-se identificar a passagem das aeronaves, porém não era possível ter certeza de qual avião se tratava, pois a análise se baseava nos fluxos de **previsões** de chegadas e partidas e não no histórico ocorrido do dia. As previsões sofrem inúmeras alterações durante o dia, devido a diversos fatores, como clima e atrasos nos

vãos. Nesse sentido, não seria possível fazer uma correta identificação das aeronaves, sem a ajuda da INFRAERO fornecendo o histórico de fluxo. A Figura 20 apresenta o evento sonoro causado pela passagem de um Boeing 737-200, em operação de pouso. O ruído de fundo calculado, nesse dia, foi de 61 dB_(A). O trecho selecionado em cinza, inicia a 66 dB_(A), ou seja, cinco dB a mais que o ruído de fundo. O evento sonoro chega a ultrapassar os 80 dB_(A), representando pelo menos 20 decibéis a mais do que o ruído de fundo, situação classificada como ideal, pelo STNA (2002) e ISO 3891 (ISO, 1978). Abaixo do mesmo pode-se ver a análise espectral média do evento.

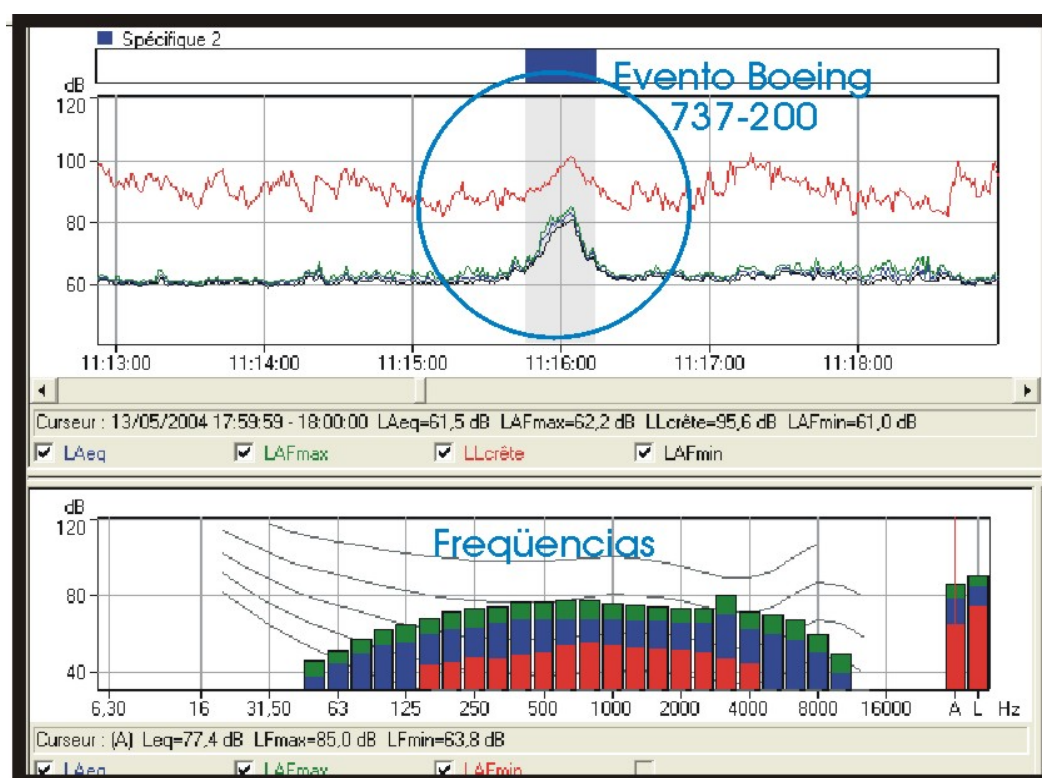


Figura 20. Tela do software Evaluator: Evento sonoro causado na passagem de um avião modelo B737-200 (acima) e análise freqüencial (abaixo) do evento selecionado

A Figura 21 demonstra, de forma didática, o processo descrito anteriormente. O passo um demonstra o uso do marcador automático, presente no software. O marcador automático permite demarcar os principais dados associados a um evento de ruído transitório (passagem de um avião ou carro, por exemplo). Para ser qualificado como evento, o nível de ruído deve ultrapassar um nível de acionamento especificado pelo usuário, durante uma duração de tempo mínimo, especificado também pelo usuário. O passo dois exemplifica a retirada de uma parte da medição. No caso deste estudo, os eventos aeronáuticos foram recortados e posteriormente colados em outro arquivo. Esse novo arquivo diário dos

eventos permitiu, não só calcular os índices apresentados nesse trabalho, para cada aeronave, assim como os índices dos eventos, somados por dia. Assim obteve-se os índices a que estão expostos os habitantes desse local, somando todos os eventos aeronáuticos, colocados lado a lado, no mesmo arquivo diário. O mesmo aconteceu com o ruído de fundo, porém sem a presença dos eventos aeronáuticos.

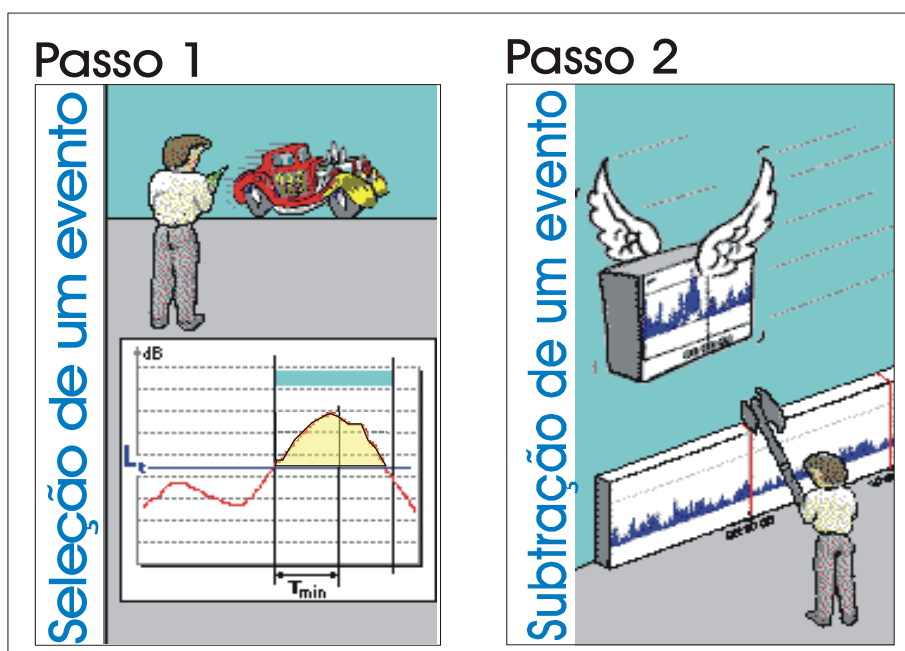


Figura 21. Passo um demonstra a seleção de um evento sonoro (imagem à esquerda) e o passo dois a subtração (imagem à direita) de um evento no arquivo de raiz (Imagem captada do software Evaluator)

Para cada evento identificado, calculou-se o índice SEL, “Sound Exposure Level”, a partir dos “n” níveis registrados de L_{eq} de 1 segundo, ponderados na curva A, descrevendo o evento sonoro durante sua duração total, durante o qual o nível acústico esteve compreendido entre o LM_{\max} registrado, e um valor de 10 dB abaixo do LM_{\max} .

Também foram calculados, para cada evento, os níveis de $LLeq$, $LAeq$, LM_{\max} e LM_{\min} , ponderados no tempo total de duração do evento, assim como a análise espectral de cada evento, sem ponderações ($LLeq$), conforme indicado na ISO 3891 (1978), para classificação de aeronaves.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a coleta de dados, foi registrado um total de 697 eventos sonoros ocorridos, por movimentações de aeronaves em operação, pela cabeceira 29 da pista de rodagem do aeroporto em estudo. Destes, 421 movimentos foram advindos da aviação regular e 276, da aviação geral. Assim, a aviação geral representou, em nosso estudo, 40% de toda movimentação aeroportuária, registrada no período (Figura 22 - esquerda).

O tipo de procedimento registrado foi, predominantemente, advindo de aeronaves em operações de pousos (90%) e, ocasionalmente, de operações de decolagens (10%). Tais números refletem a condição de uso das pistas do aeroporto (pouso padrão pela cabeceira 29). Nos 10 dias de medições validadas, foram registrados: 568 eventos de pouso e 60, de decolagem (Figura 22 - direita). Ao discriminar os tipos de operação registrados obtiveram-se os seguintes resultados:

- Aviação Regular: 377 operações de pouso e 44 de decolagens = 421 operações;
- Aviação Geral: 250 operações de pouso e 26 de decolagens = 276 operações.

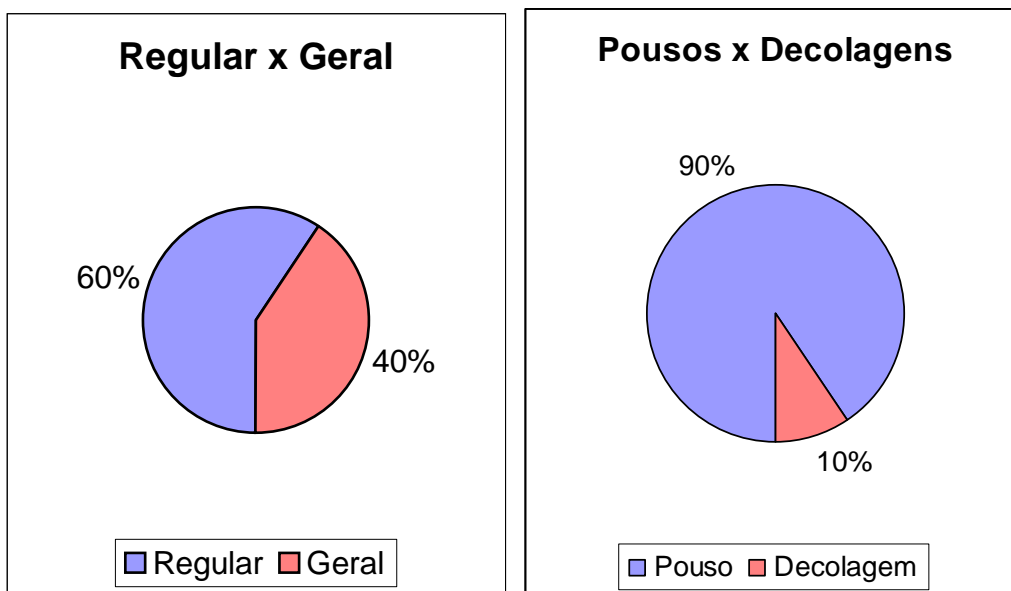


Figura 22. Participação dos vôos comerciais em relação aos vôos gerais (imagem à esquerda) e pousos, em relação às decolagens (imagem à direita).

4.1 MÉDIAS DIÁRIAS DE FLUXO REGULAR

A Tabela 7 apresenta um resumo do fluxo aéreo de cada um dos 10 dias de medições acústicas. A mesma demonstra a importância do fluxo regular em relação ao geral, para cada um dos dez dias. Apesar dos resultados acústicos terem sido baseados no número total de eventos registrados (Figura 22), o cálculo do fluxo médio diário não foi estabelecido da mesma maneira.

Para estabelecer o número médio de movimentos aeronáuticos, diários, compreendidos entre 07 e 22 horas, resolvemos excluir dias com medições acústicas inferiores a 14 horas. As medições acústicas efetuadas nos dias 13, 17 e 18 de maio, devido a problemas técnicos, tiveram durações menores que os demais dias e não foram consideradas nessa média. Assim sendo, obtivemos uma média de 79 movimentos que ocorreram, de segunda a sexta feira, no período considerado diurno, sendo que, destes, aproximadamente 46 são de origem regular (companhias aéreas) e 33, de origem geral (outros).

Em média, para o turno diurno, o fluxo geral foi responsável por 42% do fluxo total do aeroporto, com um desvio padrão de 5,1%. Embora o ruído gerado pela aviação regular ainda represente a maior parte do incômodo acústico gerado, o ruído advindo da aviação geral deve ser analisado da mesma forma que o regular.

Tabela 7. Caracterização do tipo de fluxo, diurno, do Aeroporto Salgado Filho.

Fluxo diurno(%): Regular x Geral			
	Data	Regular (%)	Geral (%)
Bloco 1	13/05/04	72	28
	17/05/04	77	23
	18/05/04	64	36
	19/05/04	54	46
	21/05/04	57	43
Bloco 2	15/10/04	55	45
	20/10/04	57	43
	21/10/04	55	45
	26/10/04	57	43
	08/11/04	69	31
Média	(7dias)	58%	42%
Desv. Pad.	(7dias)	5,1	5,1

4.2 AVIAÇÃO REGULAR

A quase totalidade, 92% do fluxo aéreo regular, operante no aeroporto, é produzido por seis grandes empresas aéreas (Figura 23 – imagem à esquerda). Sendo elas, por ordem de grandeza: 1-VARIG (Viação Aérea Riograndense); 2-TAM (Tam linhas aéreas S/A); 3-GOL (Gol transportes aéreos S/A); 4-VASP (Viação aérea São Paulo); 5-ONE (Oceanair linhas aéreas LTDA) e 6-RSL (Rio-Sul serviços aéreos regionais). O restante das movimentações (8%) foram representativas de outras oito empresas, sendo elas, por ordem decrescente de participação: 1-ARG (Aerolineas Argentinas); 2-EUU (Air Euro America S/A); 3-FDX (Federal Express Corporation); 4-BRA (Bra Transportes Aéreos SA); 5-VLO (Varig Logística S/A); 6-LAN (Linea Aérea Nacional Chile S/A); 7-FWL (Florida West) e 8-PUA (Pluna – Lineas Aéreas Uruguiaia).

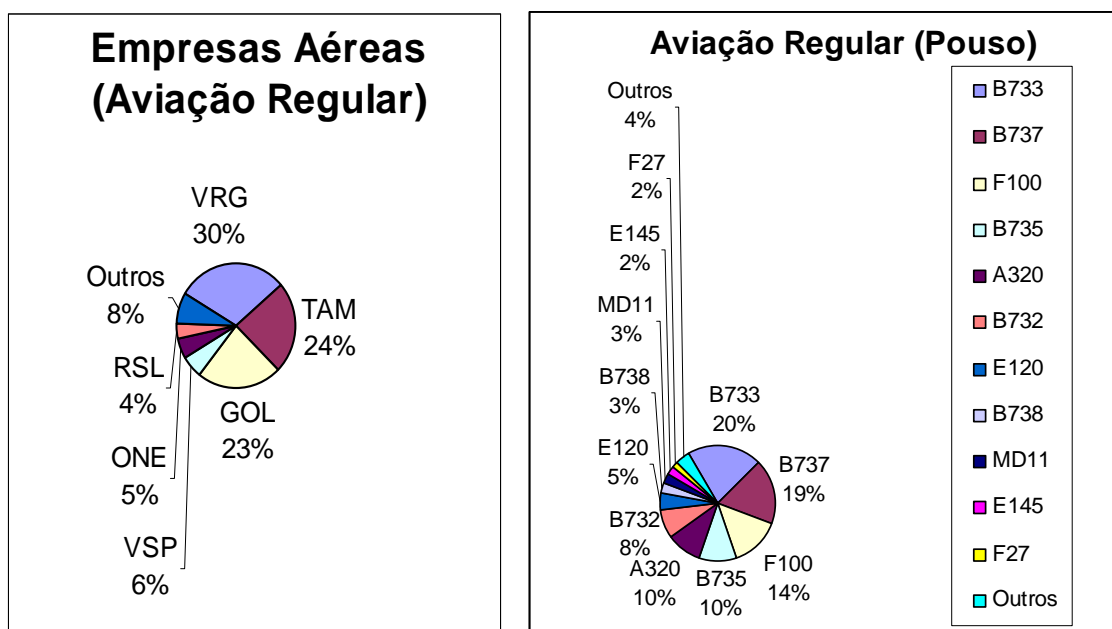


Figura 23. Empresas aéreas responsáveis pelo fluxo aéreo regular (imagem à esquerda) e tipos predominantes de equipamentos registrados (imagem à direita)

Dentre as aeronaves operando pela aviação regular, calculou-se quais os equipamentos mais utilizados (Figura 23, imagem à direita). Verifica-se a predominância de equipamentos do tipo Boeing 737, nas versões 300, 700, 500 e 200, do Airbus 320 e do Fokker 100. Estes seis tipos de equipamentos, reunidos, representaram, a grande maioria (81,4%) dos equipamentos regulares operantes no aeroporto. No próximo capítulo, são apresentadas, separadamente, as medições acústicas referentes aos equipamentos responsáveis por 94% do fluxo regular diurno, para o aeroporto em estudo.

4.3 EQUIPAMENTOS RESPONSÁVEIS POR 94% DO FLUXO, REGULAR DIURNO, DO AEROPORTO SALGADO FILHO

A seguir, são apresentados os **resultados** das medições acústicas efetuadas **para cada tipo de avião separadamente**, também um breve histórico, fotos e croquis, juntamente com os dados técnicos, anteriormente apresentados na Tabela 7. São apresentadas as aeronaves com maior número de movimentos medidos no período, para 4 tipos de construtores: Boeing, Airbus, Fokker e a empresa Brasileira: EMBRAER. Os 10 diferentes tipos de equipamentos, que serão apresentados a seguir (B737: 200, 300, 500, 700, 800 / A320 / F27, F100 / E120, E145), representaram, juntos, 96% do fluxo total de pouso da aviação regular do período diurno.

4.3.1 Boeing 737-200 (B732)

Projetado na década de 60, este avião (Figura 24) é o precursor da família de aviões de maior sucesso na aviação comercial, com mais de 4.000 modelos de 737 vendidos. A produção do 737-200 foi de 1968 a 1988, com mais de 1000 unidades entregues. Existente em duas versões de conversão rápida: 1: *cargueiro-passageiros* e 2: *só cargueiro*. A fuselagem básica da versão 737-100 foi alongada em 1,83m para poder transportar de 115 a 130 passageiros. Em agosto de 1967 decolou o primeiro Boeing 737-200. No Brasil, a Vasp foi a primeira a receber o 737, em 1969, seguida da Cruzeiro e Varig em 1975. Hoje, o modelo é utilizado em nosso país pela Vasp, Vaspex, TAF e Rico (JETSITE, 2005).

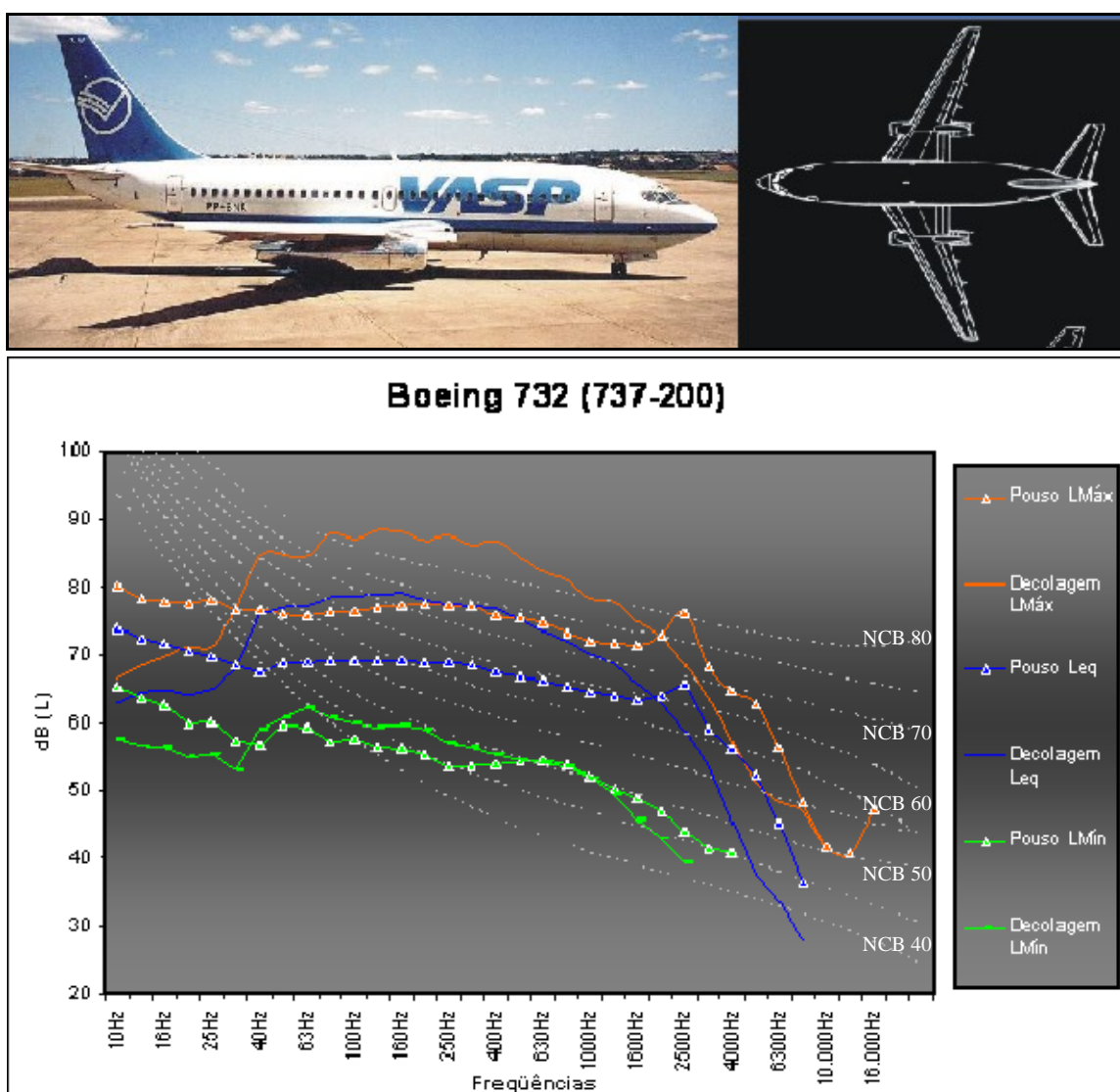


Figura 24. Níveis de ruído médios, dos eventos do B732, medidos e curvas NCB presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

4.3.2 Boeing 737-300 (B733)

O desenvolvimento da versão 737-300 (Figura 25) da família 737 começou em 1979, visando atender a um maior número de passageiros, conjugando a um menor consumo de combustível e níveis de ruído bem menores do que os emitidos pelo 737-200. O Boeing 737-300, com a fuselagem 2,64 metros maior que a do B737-200 pode acomodar mais 21 passageiros. As principais diferenças externas em relação aos 737-100/200 são o formato da carenagem dos motores. Hoje, a versão 300 é a mais popular nas rotas brasileiras de curtas e médias distâncias, sendo operada pela BRA, Rio Sul, Varig e Vasp e, mais recentemente, pela empresa GOL (JETSITE, 2005).

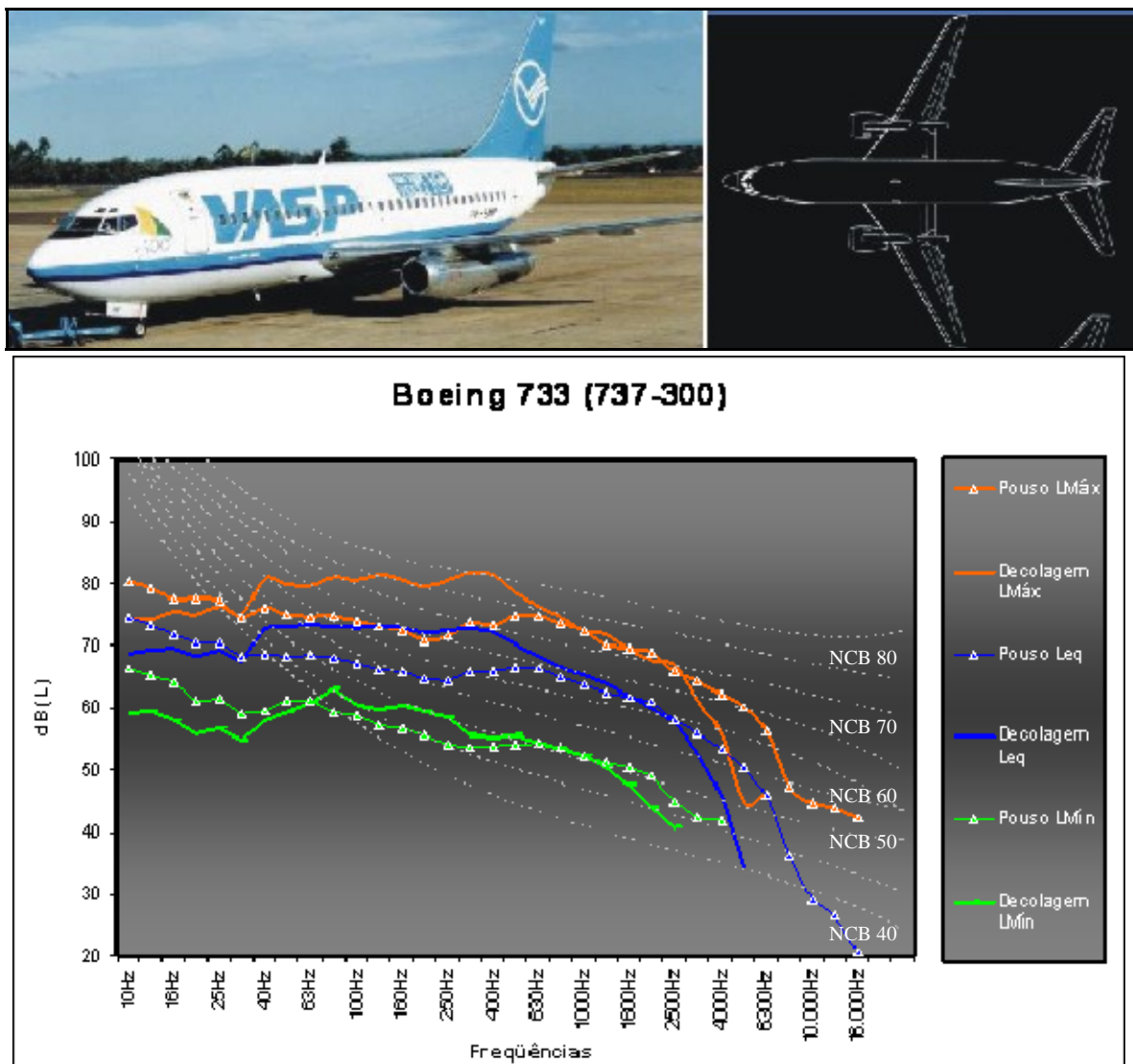


Figura 25. Níveis de ruído médios, dos eventos do B733, medidos, e curvas NCB presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

4.3.3 Boeing 737-500 (B735)

O Boeing 737-500 (Figura 26) foi concebido para ser o substituto do B737-200, incorporando os avanços tecnológicos das séries 737-300 e 737-400. A primeira unidade foi entregue em março de 1990. No Brasil, este modelo de 737 opera com a empresa Rio-Sul, maior operadora do tipo na América Latina e na Nordeste, e ,lentamente, essas aeronaves estão passando a adotar a pintura unificada da Varig (JETSITE, 2005).

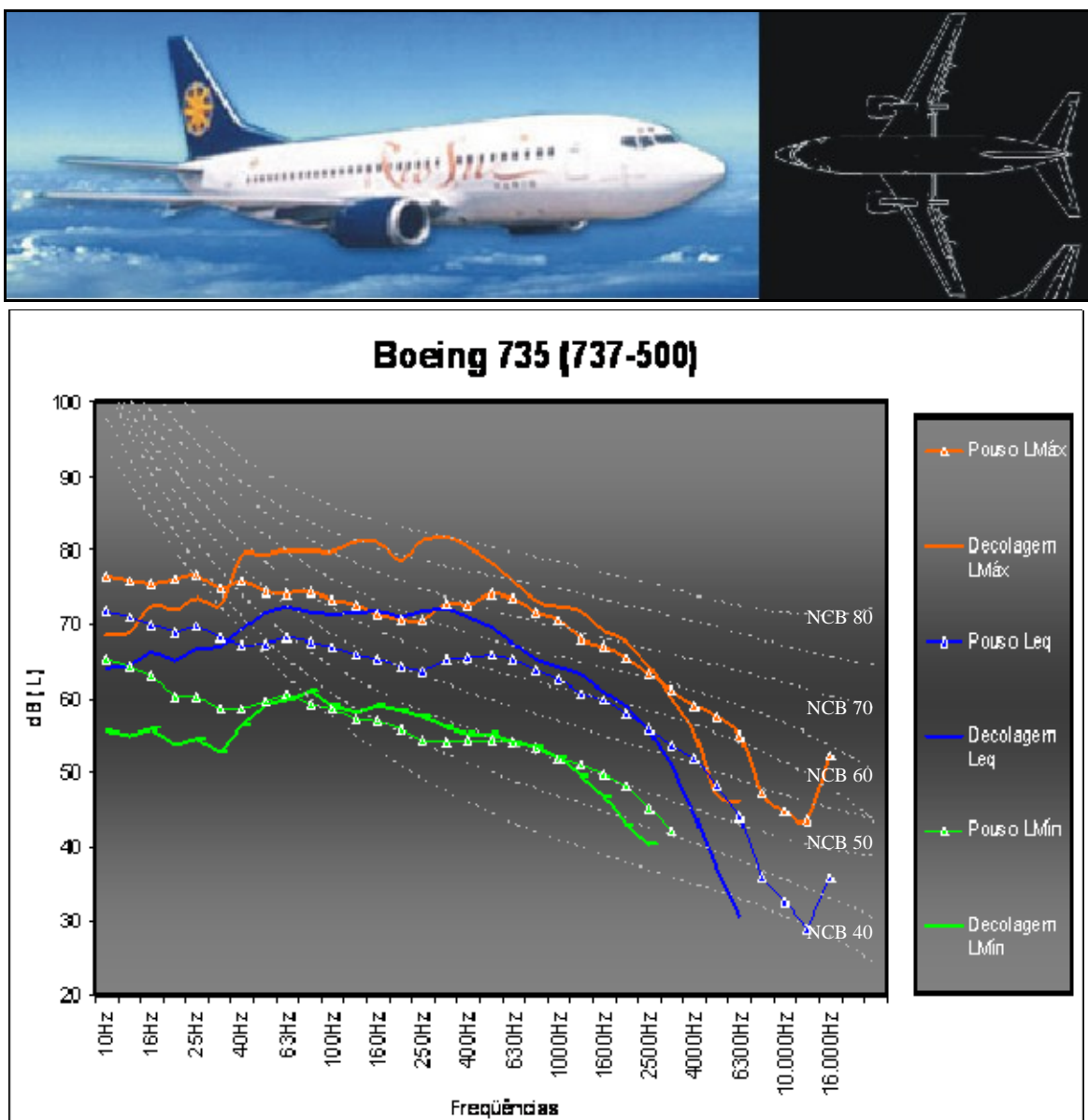


Figura 26. Níveis de ruído médios, dos eventos do B735, medidos e curvas NCB presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

4.3.4 Boeing 737-700 (B737)

O desenvolvimento de uma nova geração de aviões da família 737 começou em 1993. Conhecidos como 737 NG (Next Generation) (Figura 27), os novos modelos têm asas completamente novas, com maior eficiência aerodinâmica e 25% a mais de área, otimizadas para maiores velocidades e altitudes de cruzeiro. Os 737 NG apresentam, ainda, uma maior autonomia, em média 30% superior aos modelos correspondentes da geração anterior. A primeira versão desenvolvida foi o 737-700, de dimensões semelhantes às do B737-300, utilizando os novos motores CFM.56-7. As primeiras encomendas para o Brasil foram entregues em novembro de 1997. A Varig, através da empresa Rio-Sul e a GOL operam com o tipo (JETSITE, 2005).

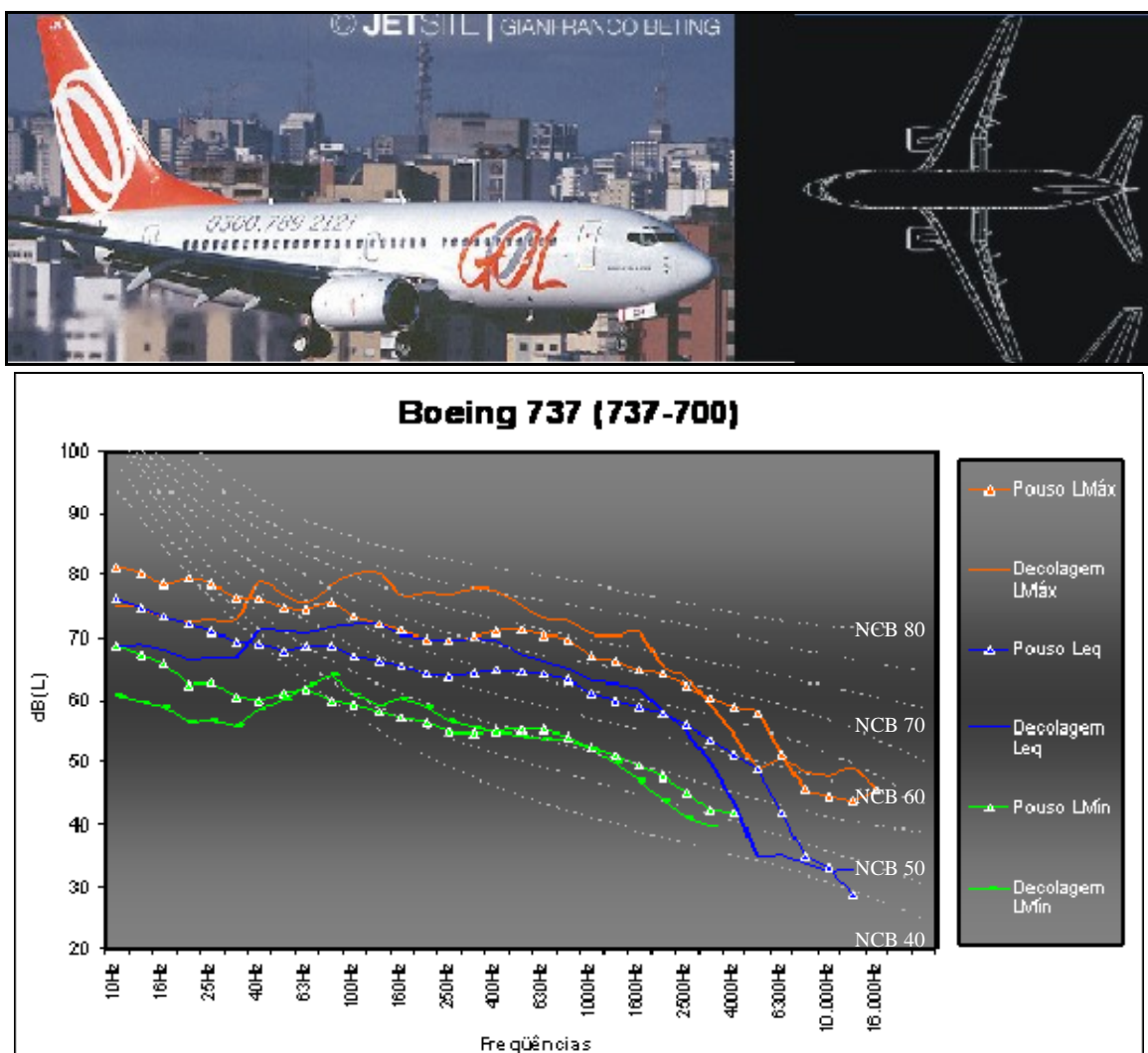


Figura 27. Níveis de ruído médios, dos eventos do B737, medidos e curvas NCB presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

4.3.5 Boeing 737-800 (B738)

Lançado em setembro de 1994, para substituir os modelos da série 737-400. O 737-800 (Figura 28) pode transportar de 162 a 189 passageiros. Pelas suas características e capacidade, o 737-800 é o sucessor natural do Boeing 727-200. A versão 800 é a mais vendida dentre todas as quatro aeronaves da família NG. No Brasil, a Varig e a Gol operam aeronaves do tipo (JETSITE, 2005).

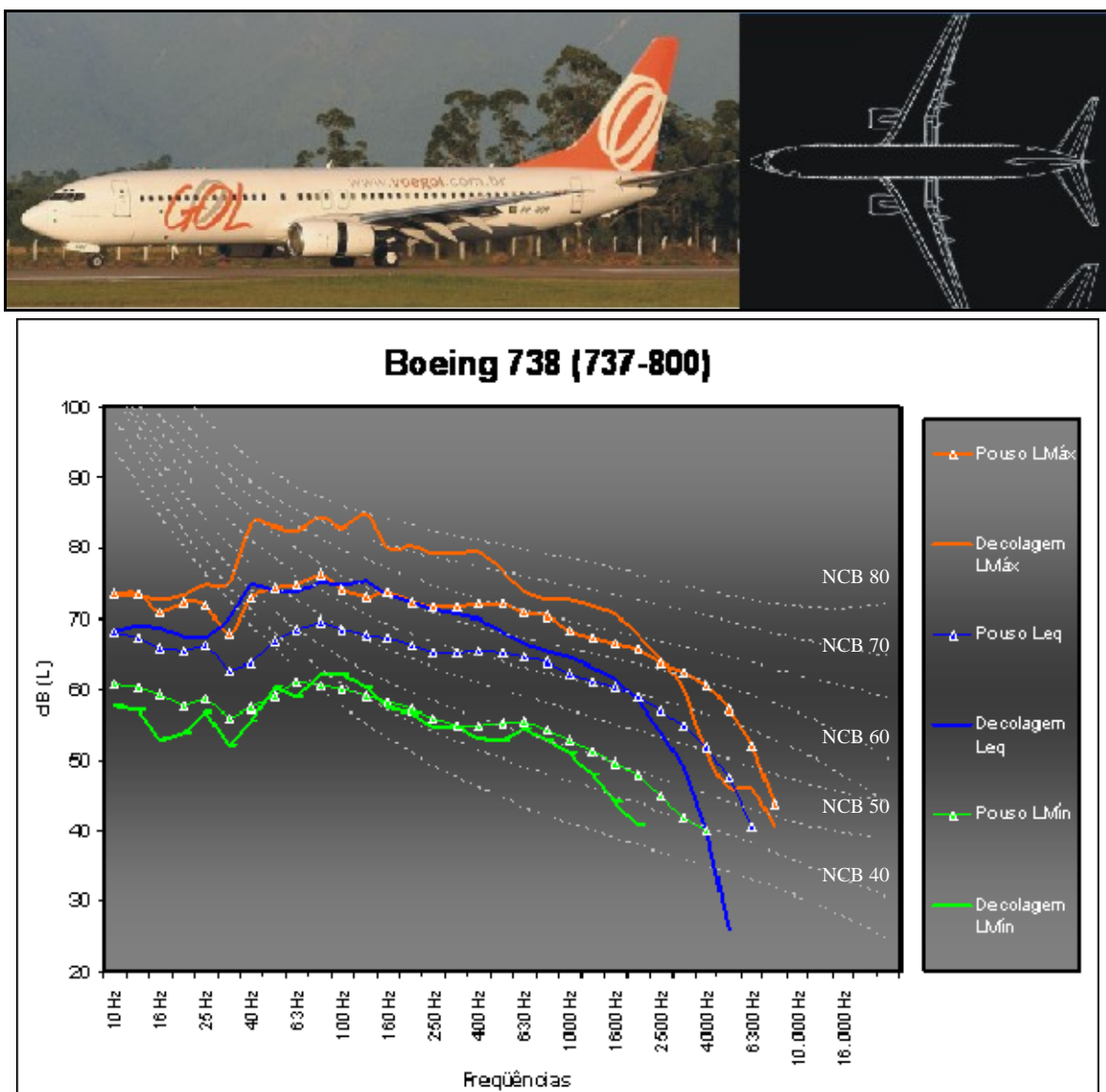


Figura 28. Níveis de ruído médios, dos eventos do B738, medidos e curvas NCB presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

4.3.6 AirBus 320-200 (A320)

A Airbus desenvolveu uma aeronave para rotas médias e curtas. O A320 (Figura 29), com capacidade para 162 passageiros, existe nas versões 320-100 e 320-200, com pesos e alcances e diferentes. O modelo tornou-se referência em tecnologia, com avanços inéditos: substituiu os manches de controle, por “side-sticks”, mais parecidos com joysticks. Também, implementou um sistema automático, que entrava em funcionamento quando algum parâmetro de controle era desrespeitado. Hoje, o A320 é o modelo de maior sucesso da empresa, sendo uma das aeronaves comerciais mais vendidas da história (JETSITE, 2005).

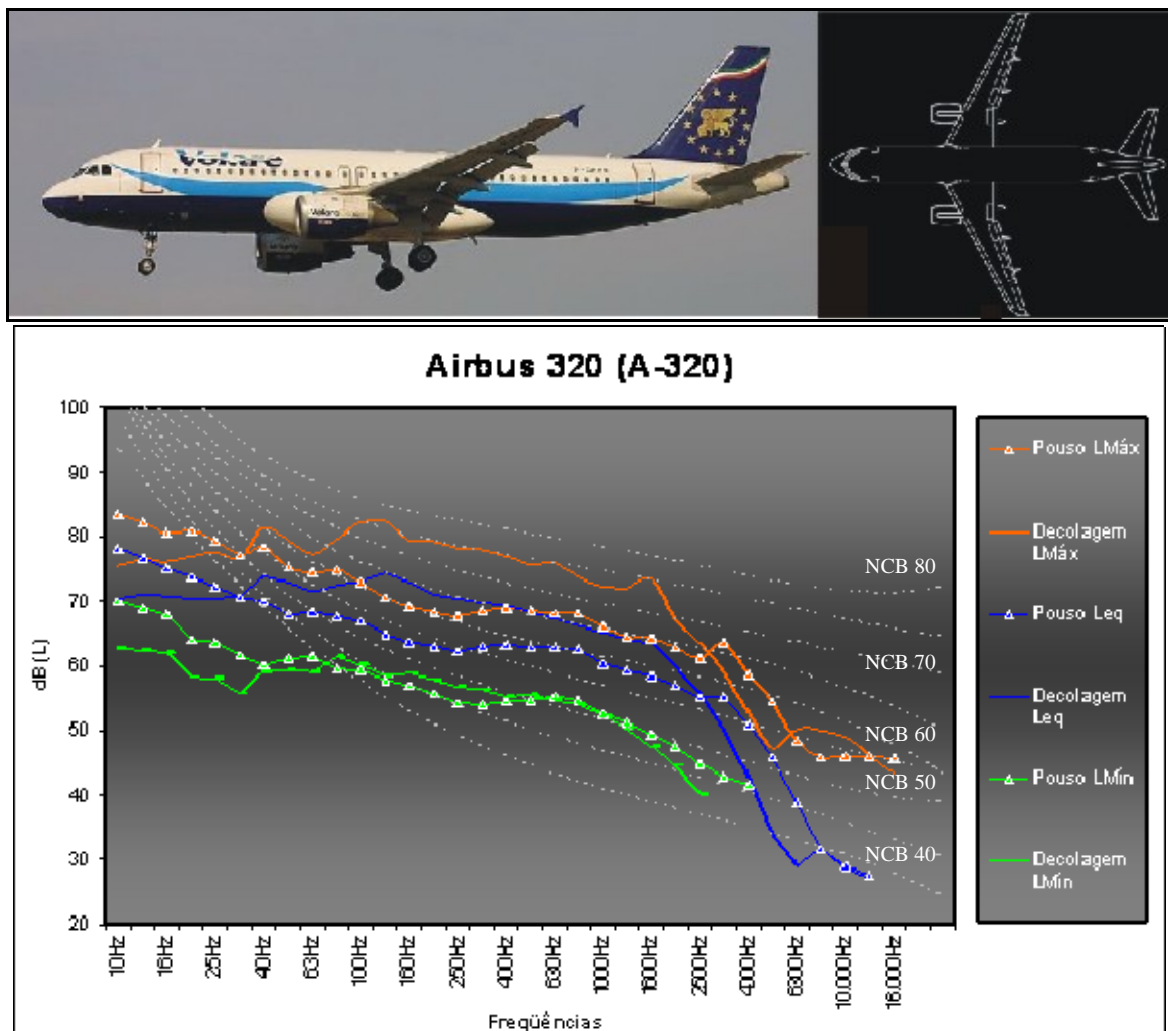


Figura 29. Níveis de ruído médios, dos eventos do A320, medidos e curvas NCB presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

4.3.7 Embraer 120 (E120)

No final da década de 70, a Embraer começou os estudos para o desenvolvimento de um novo avião comercial turbohélice, sendo inicialmente um bimotor executivo, com capacidade para até 15 passageiros. Aumentando-se essa fuselagem, a nova aeronave teria capacidade para até 25 passageiros (Figura 30). O primeiro exemplar de série foi entregue em agosto de 1985. No Brasil, o Brasília logo se tornou uma aeronave popular no mercado regional, tendo como primeira operadora a Rio Sul e pequenas empresas de táxi aéreo. A Força Aérea Brasileira mantém uma pequena frota (VC-97) em Brasília, empregados em missões de transporte VIP (JETSITE, 2005).

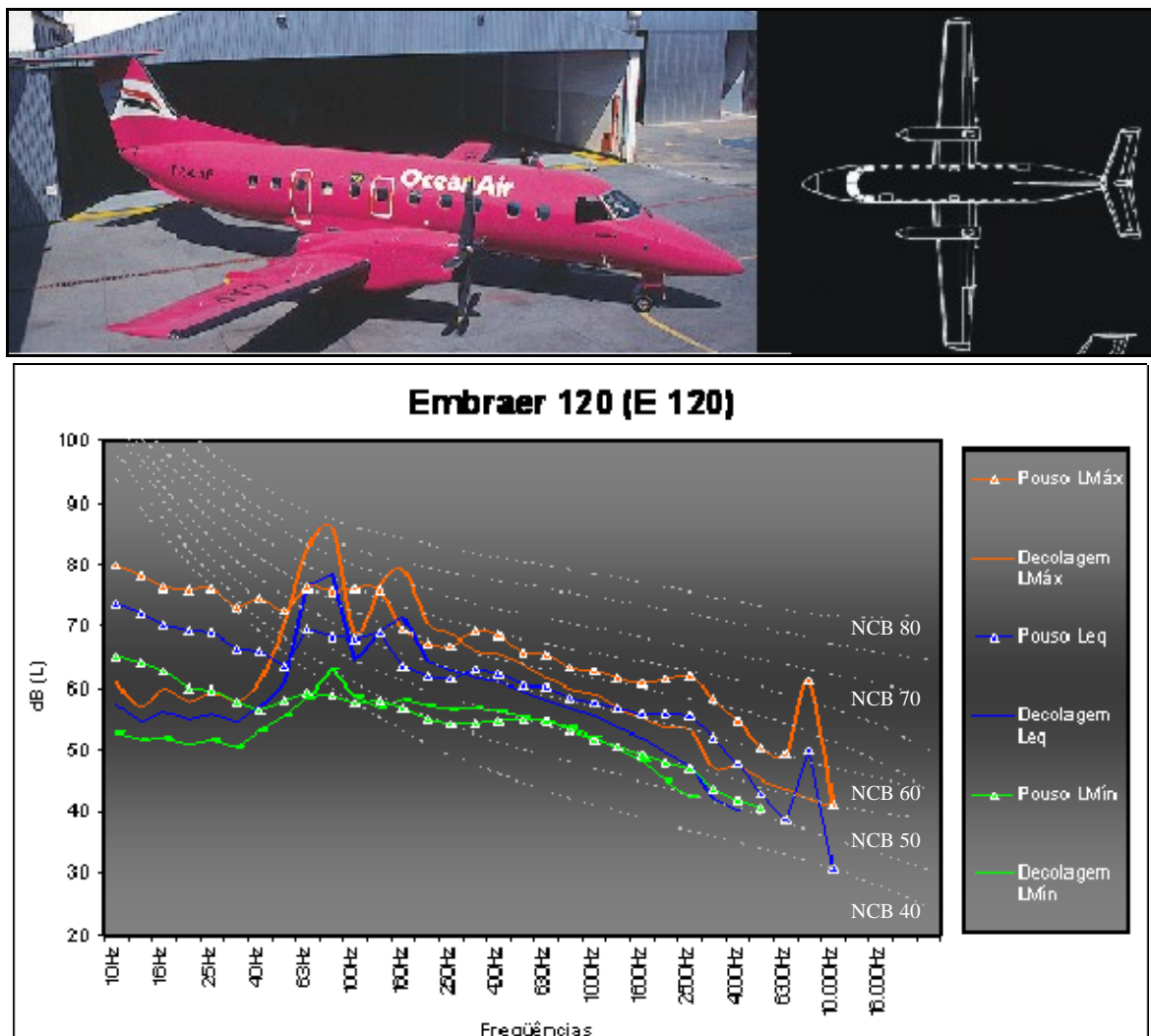


Figura 30. Níveis de ruído médios, dos eventos do E120, medidos e curvas NCB presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

4.3.8 Embraer 145 (E145)

O E145 (Figura 31) é o maior sucesso de vendas da Embraer. Antes de seu vôo inaugural, o avião teve três configurações distintas, adotando-se, finalmente, a configuração com os motores dispostos no cone de cauda. Apesar de seu início conturbado, o ERJ 145 transformou-se num sucesso de vendas, foram feitas versões mais curtas (ERJ 140 e ERJ 135) e militarizadas (R-99). O modelo resgatou a imagem da Embraer, que hoje é uma das maiores exportadoras brasileiras (JETSITE, 2005).

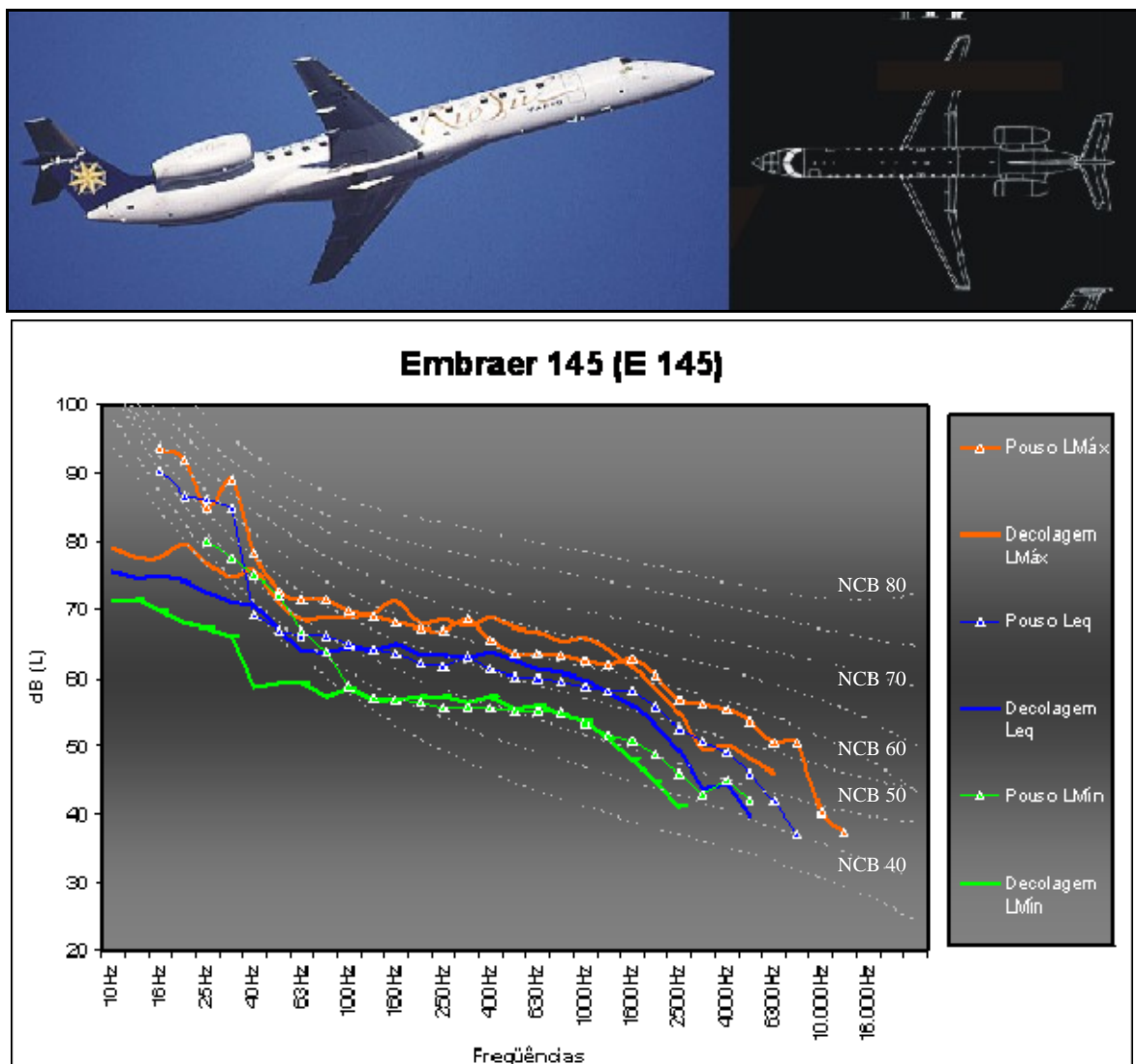


Figura 31. Níveis de ruído médios, dos eventos do E145, medidos e curvas NCB presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

4.3.9 Fokker 100 (F100)

O maior avião já produzido pela Fokker foi o F100 (Figura 32), criado para transportar até 108 passageiros. Baseado no Fokker 28, o modelo tem uma fuselagem alongada, e alguns sistemas totalmente modernizados e motores mais econômicos e silenciosos, atendendo às exigências de limite de ruído do Capítulo III da ICAO. O desenho da asa também foi modificado, aumentando sua envergadura e melhorando suas eficiências aerodinâmicas. No Brasil, o F100 tornou-se famoso através da TAM, que desde 1990 é um fiel usuário do tipo, chegando a operar mais de cinquenta aeronaves F100, tragicamente marcado pelos acidentes e incidentes no Brasil (JETSITE, 2005).

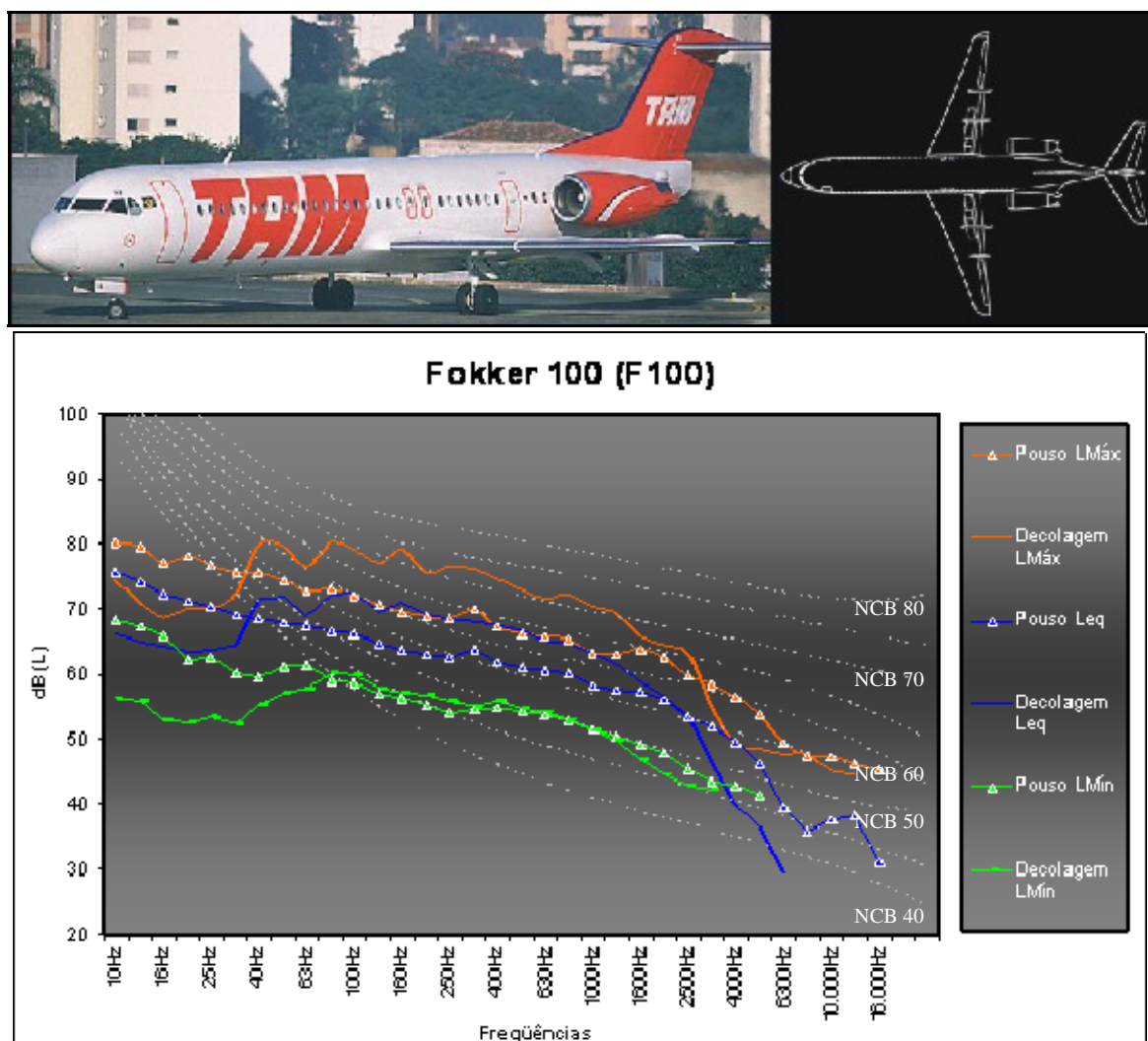


Figura 32. Níveis de ruído médios, dos eventos do F100, medidos e curvas NCB presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

4.3.10 Fokker 27 (F27)

O F27 (Figura 33) foi o turboélice, de médio porte, mais vendido no mundo. Inicialmente, com capacidade para até 28 passageiros. O segundo protótipo teve a fuselagem alongada, podendo transportar 32 passageiros, e foi equipado com motores Dart 511, mais potentes. Um novo aumento na fuselagem, de 1,5 metro, deu origem à versão Mk500, lançada comercialmente pela Air France, para o uso na rede postal noturna (Postale de Nuit). No total, foram 586 aeronaves construídas pela Fokker e 208 pela Fairchild, muitas das quais permanecem em operação até hoje (JETSITE, 2005).

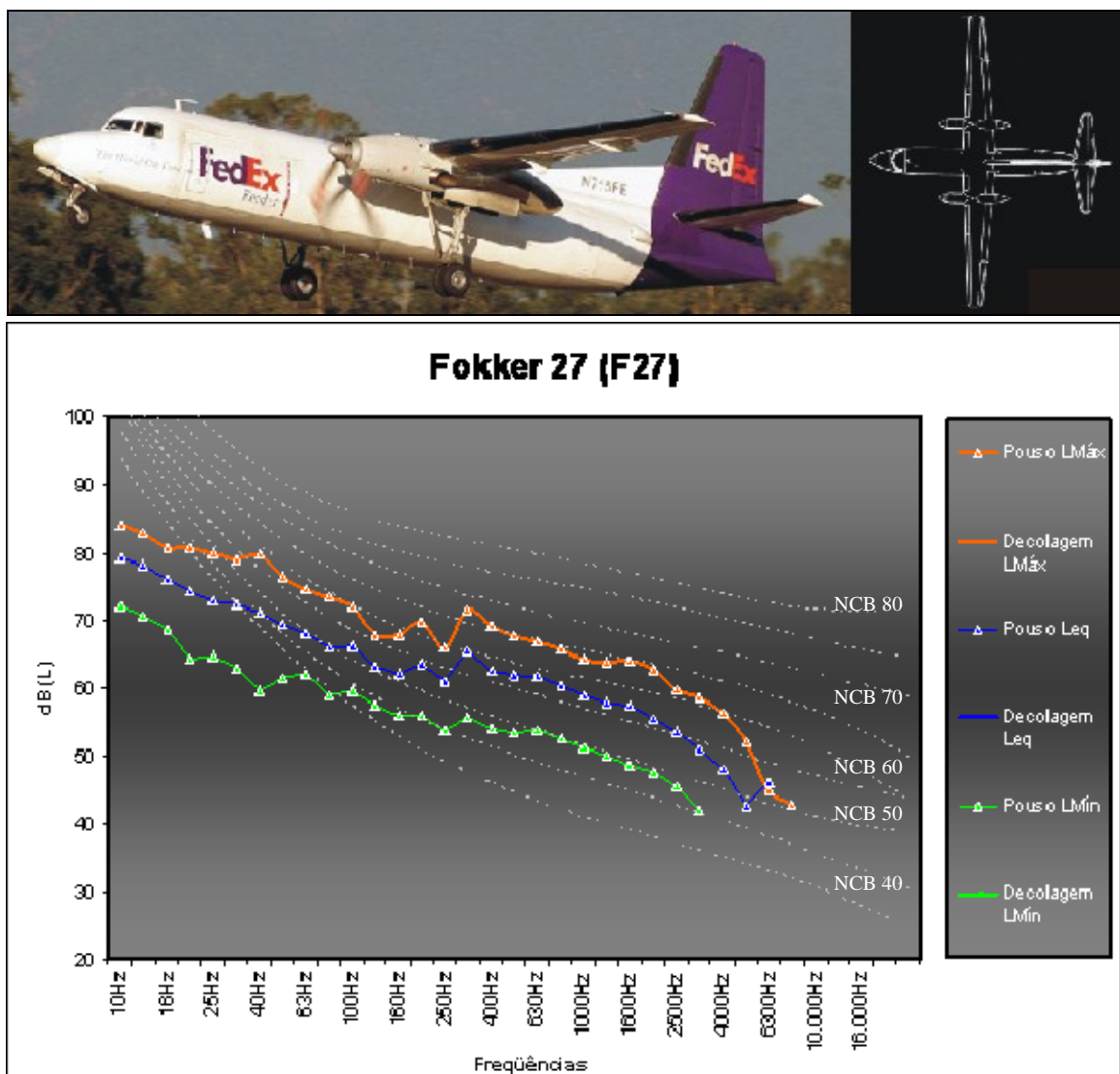


Figura 33. Níveis de ruído médios, dos eventos do F27, medidos e curvas NCB presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

4.3.11 MacDonnell Douglas 11 (MD-11)

O MD-11 (Figura 34) é o sucessor do DC-10. Inicialmente, a proposta consistia em se desenvolver uma versão alongada do anterior. Foi no mercado de carga que o MD-11 encontrou seu principal nicho, com sua grande capacidade e autonomia. A Varig, que primeiro operou o jato no Brasil, é hoje a maior operadora do tipo em transporte de passageiros no mundo. Em outros países o MD-11 já fora relegado ao transporte de carga. Não sendo mais fabricados modelos do tipo, desde o ano de 2000 (JETSITE, 2005).

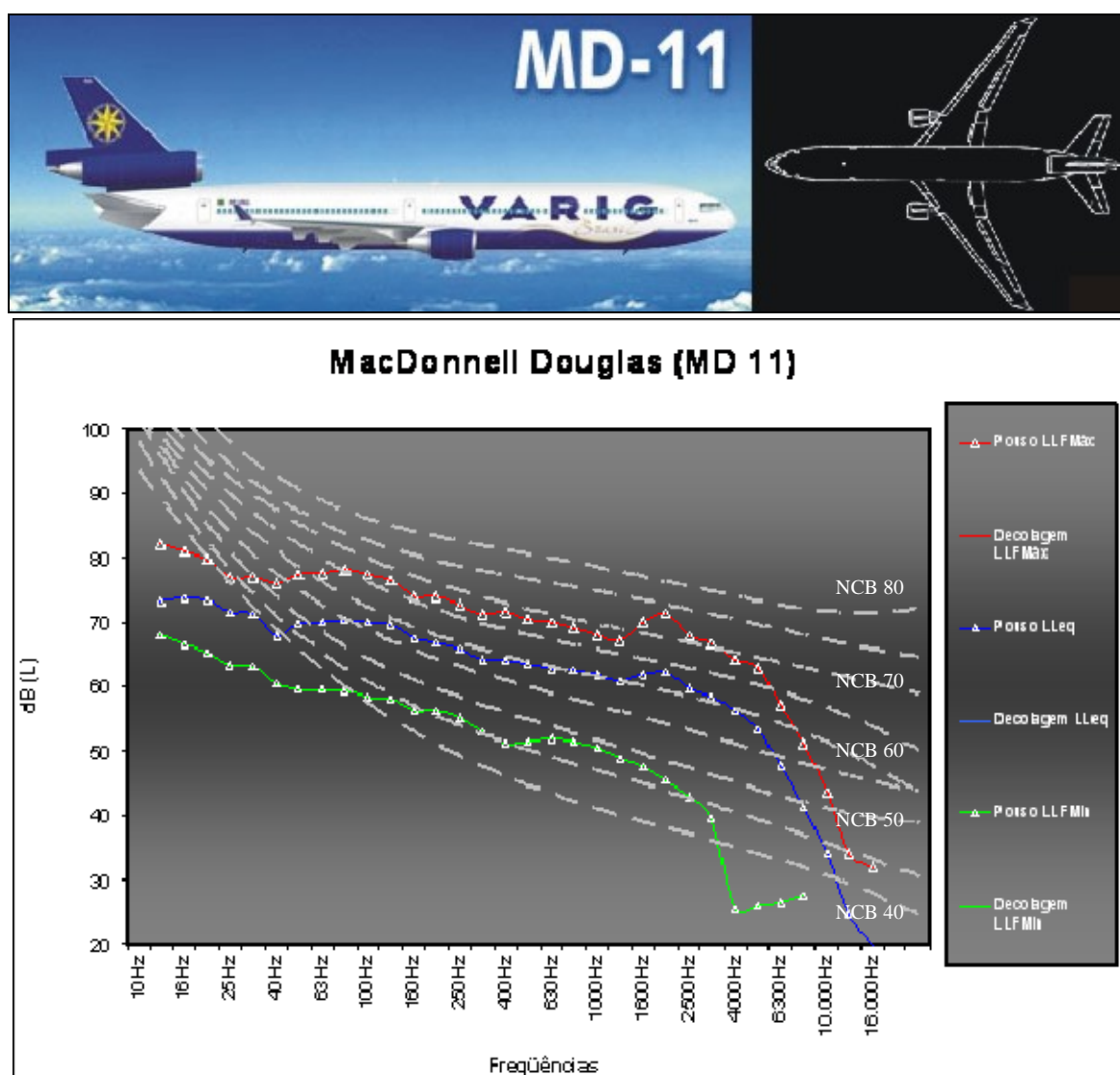


Figura 34. Níveis de ruído médios, dos eventos do MD-11, medidos e curvas NCB presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

4.4 ESPECTROS DE FREQUÊNCIAS DE CADA TIPO DE AERONAVE E DO CONJUNTO DE AERONAVES MEDIDAS

A seguir (Figuras 35 a 40) são apresentados os níveis de ruído medidos nas frequências de terços de oitavas, de **todas aeronaves da aviação regular**, medidas no período, discriminando operações de pouso e decolagem. Posteriormente, foram classificadas as aeronaves, segundo as curvas NCB, presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997). As curvas NCB se assemelham muito às curvas NC, porém contemplam uma gama maior de frequências. As curvas NCB permitem classificar o ruído, por um só número, que corresponde à curva NCB de maior valor atingida pelo ruído conforme sua distribuição espectral. A forma das curvas NCB reflete o incremento da sensibilidade do ouvido humano com o aumento da frequência, o que significa dizer que se escutam melhores os ruídos agudos do que os médios e os graves.

As curvas NCB fazem o mesmo tipo de avaliação que as curvas NC (que vão de 32 a 8000 Hz), porém abrangem uma gama mais ampla de frequências, compreendidas entre 16 e 8000 Hz. Visto a importante emissão de ondas graves por parte das aeronaves e a norma nacional em vigor (ABNT, 1997), a escolha do índice NCB para classificação das aeronaves pareceu mais adequada do que o uso das curvas NC, estabelecidas por L.L. Beranek em 1957, as quais têm origem nas curvas NR. As curvas NC são uma adequação das curvas NR, levando em conta a perturbação produzida na comunicação verbal. A apresentação dos níveis de ruído em 1/3 de oitavas das aeronaves não foi feita apenas para poder classificar as aeronaves conforme as curvas NCB e, sim, para apresentar resultados mais ricos. Assim, podemos notar como se comporta o espectro de cada avião e qual a sua faixa de frequência que mais perturba e causa impacto ao ser humano exposto a este ruído.

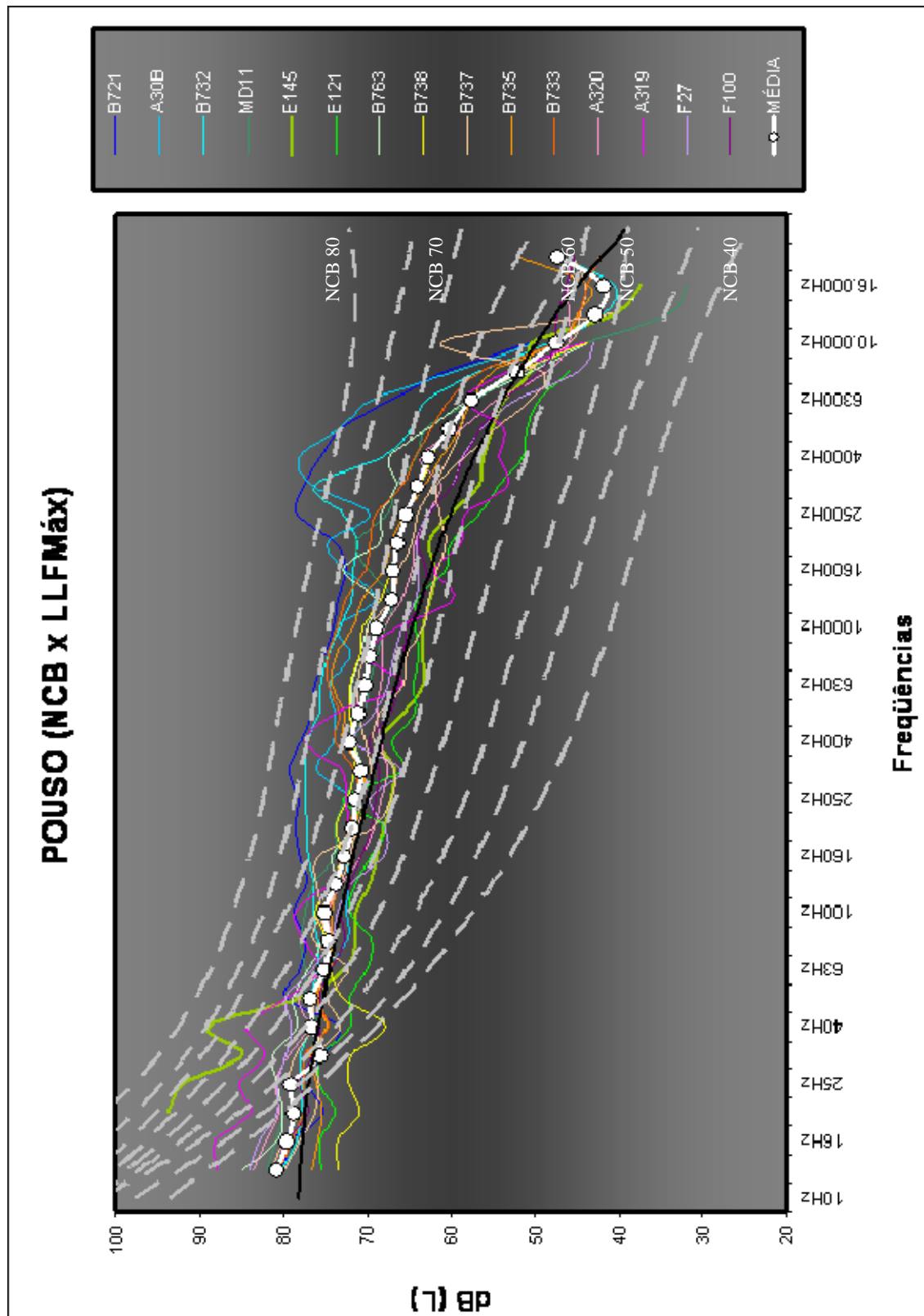


Figura 35. Níveis de ruído médios, dos eventos de pousos, medidos em Leq Máx nas frequências em terços de oitava e relação com as curvas NCB presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

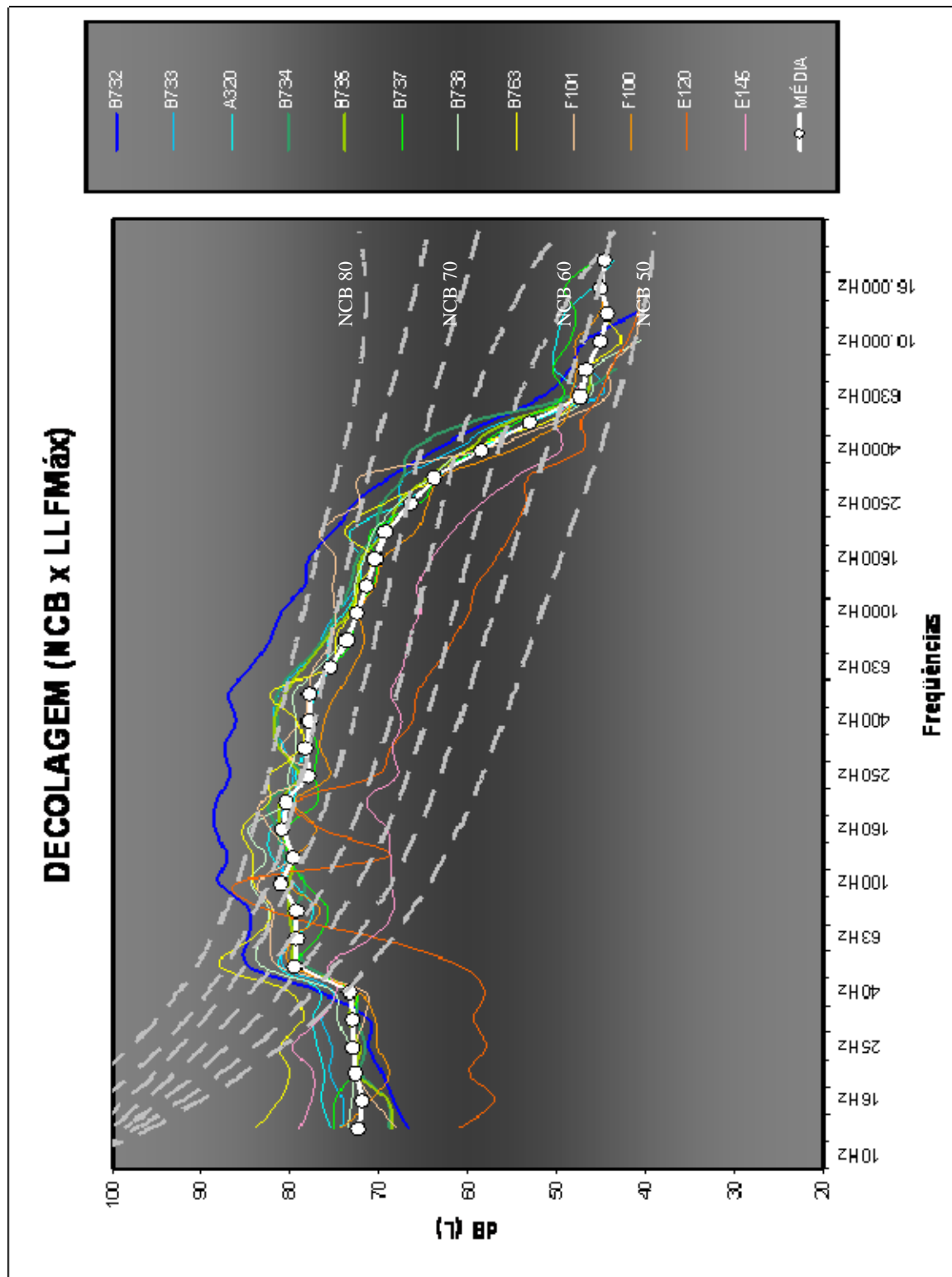


Figura 36. Níveis de ruído médios, dos eventos de decolagens, medidos em Leq Máx, nas frequências em terços de oitava e relação com as curvas NCB, presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

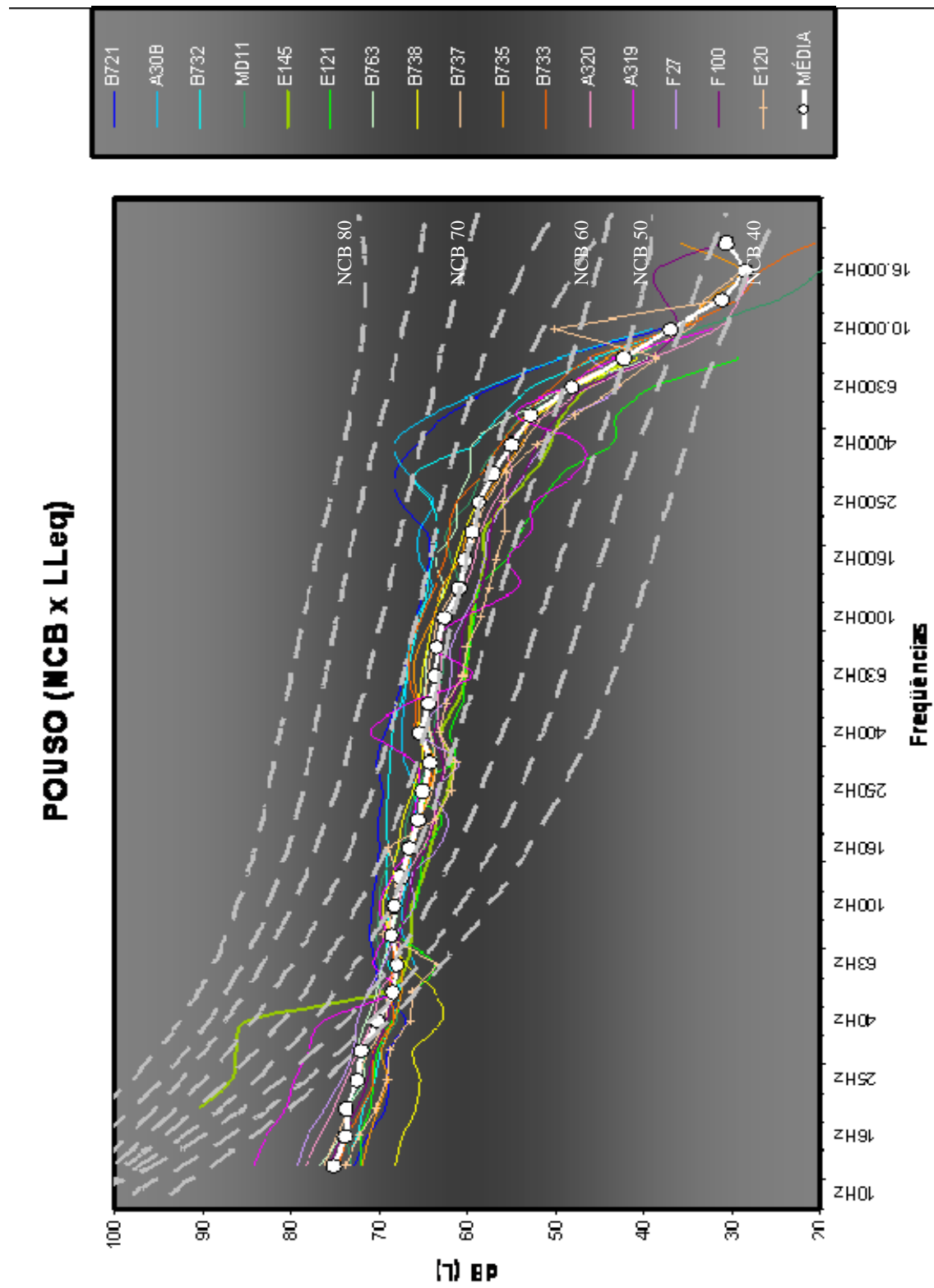


Figura 37. Níveis de ruído médios, dos eventos de pousos, medidos em Leq, nas frequências em terços de oitava e relação com as curvas NCB, presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

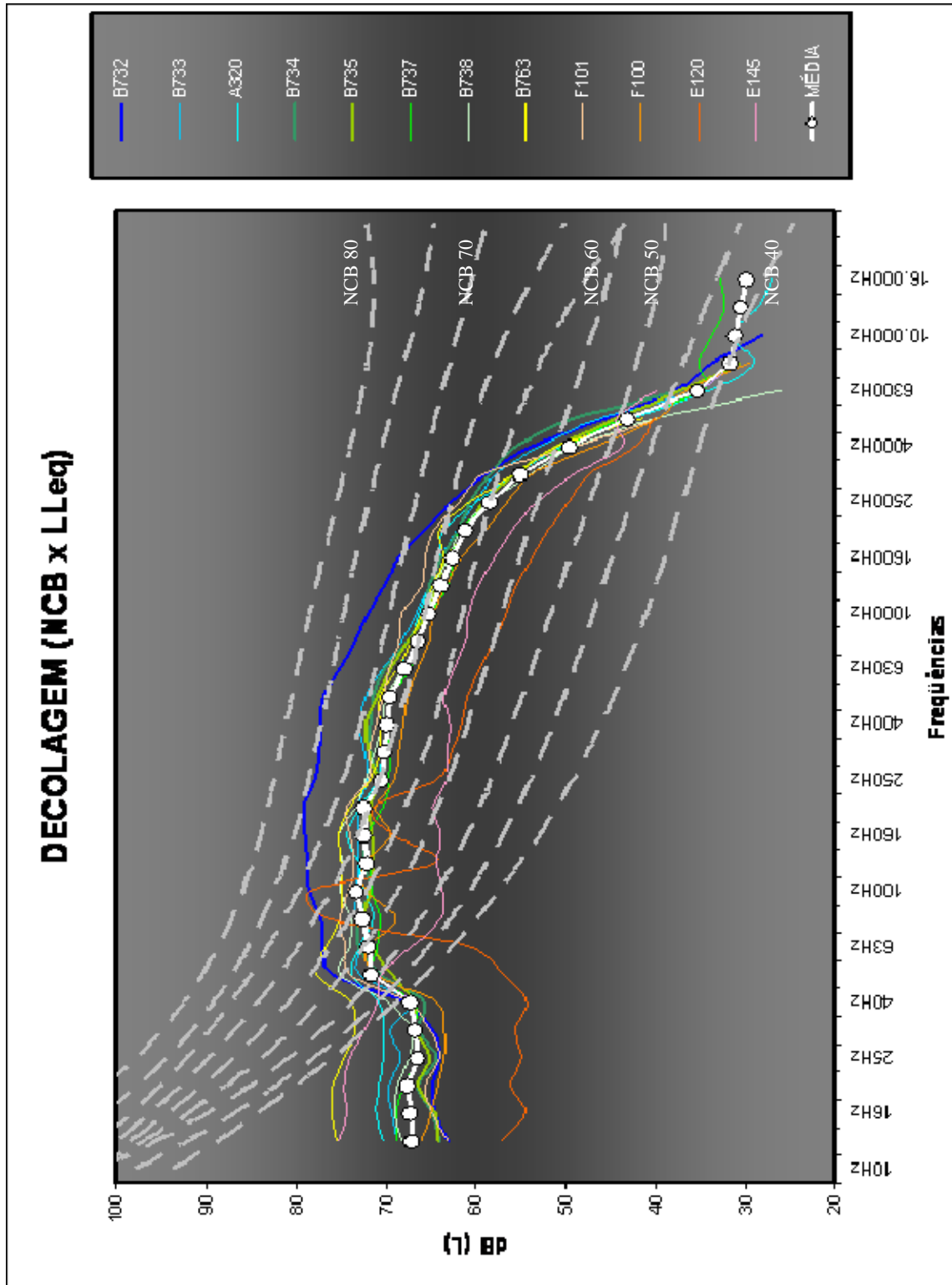


Figura 38. Níveis de ruído médios, dos eventos de decolagens, medidos em Leq, nas frequências em terços de oitava e relação com as curvas NCB, presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

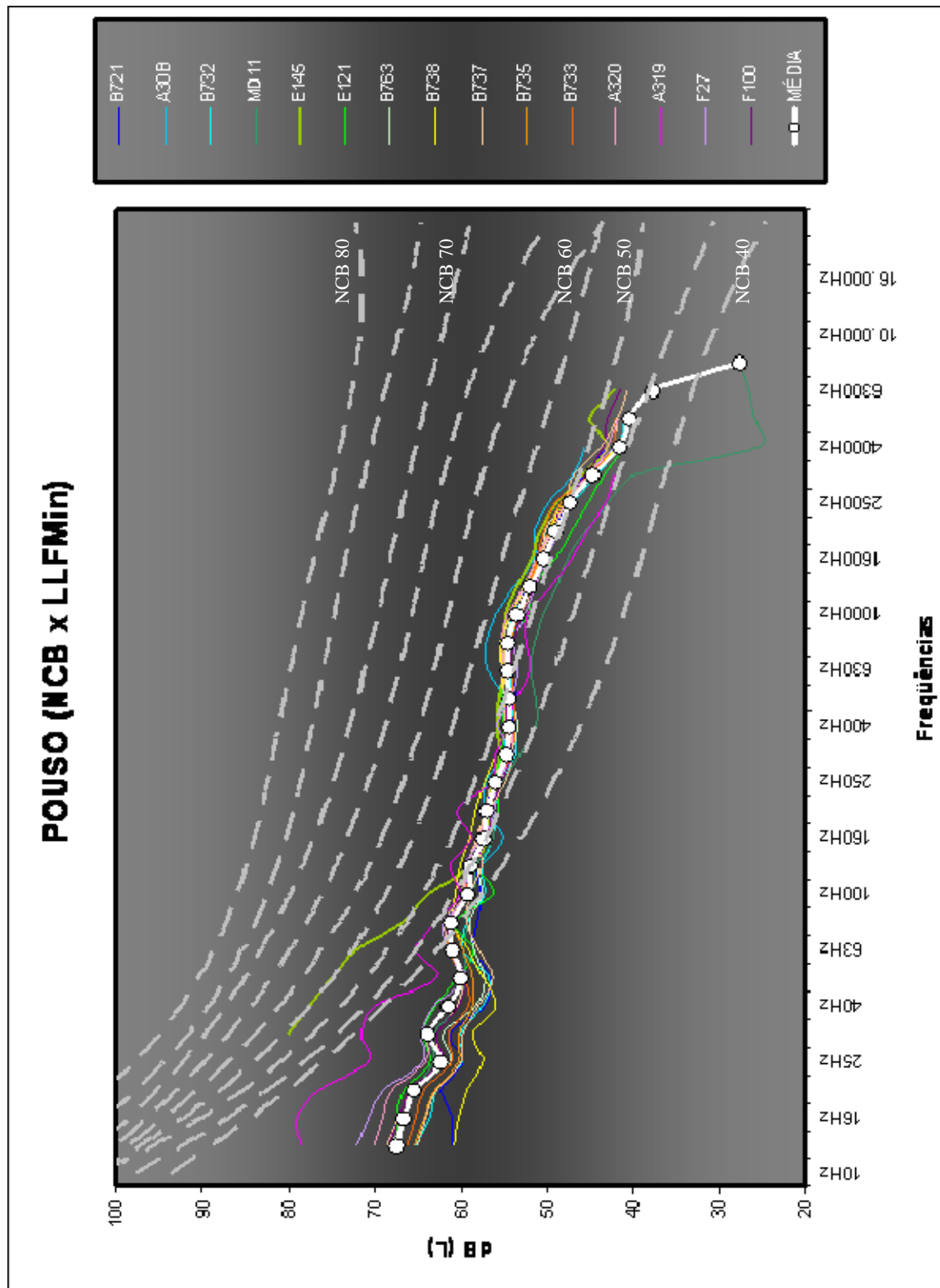


Figura 39. Níveis de ruído médios, dos eventos de pousos, medidos em Leq Min, nas frequências em terços de oitava e relação com as curvas NCB, presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

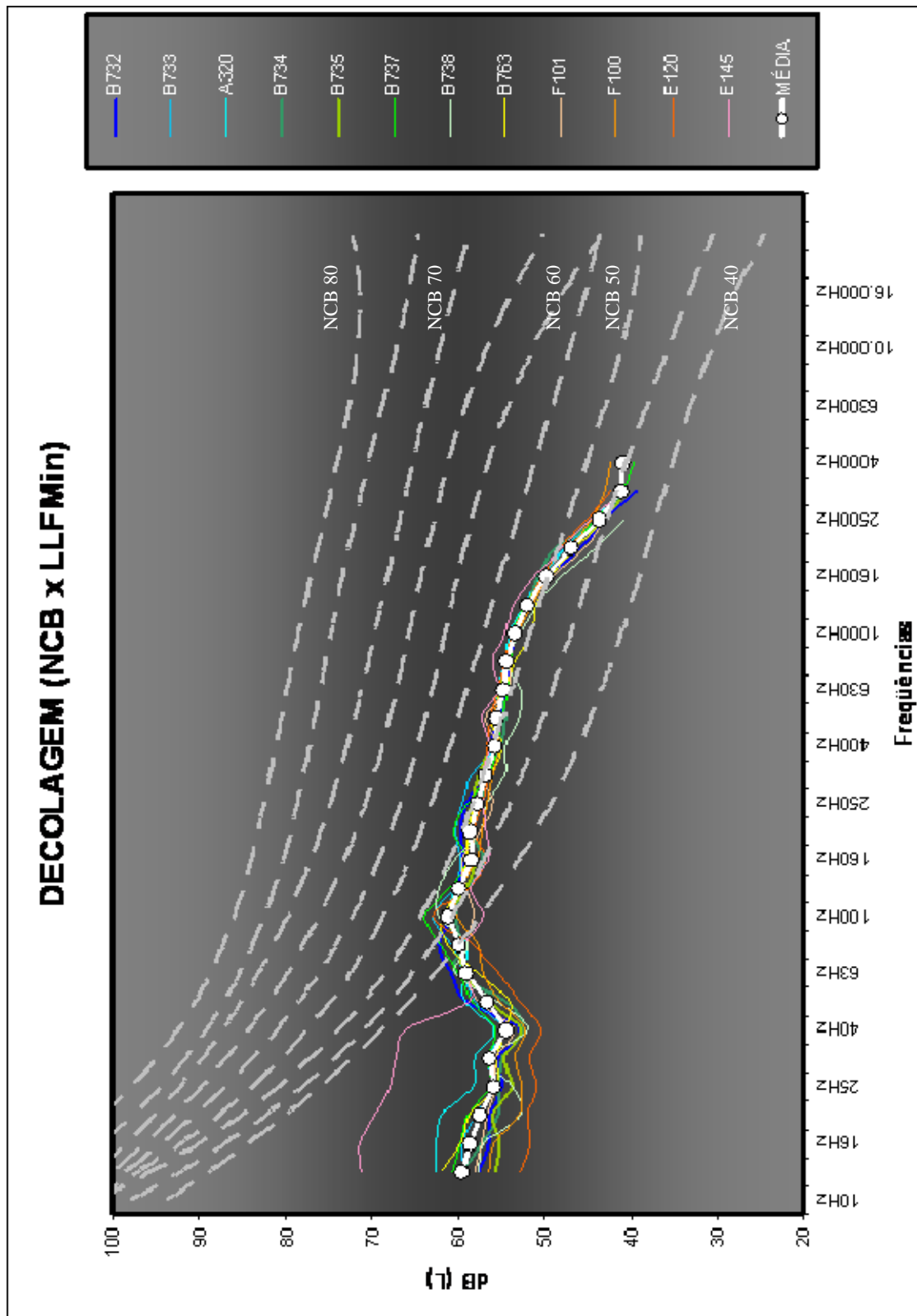


Figura 40. Níveis de ruído médios, dos eventos de decolagens, medidos em Leq Min, nas frequências em terços de oitava e relação com as curvas NCB, presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997).

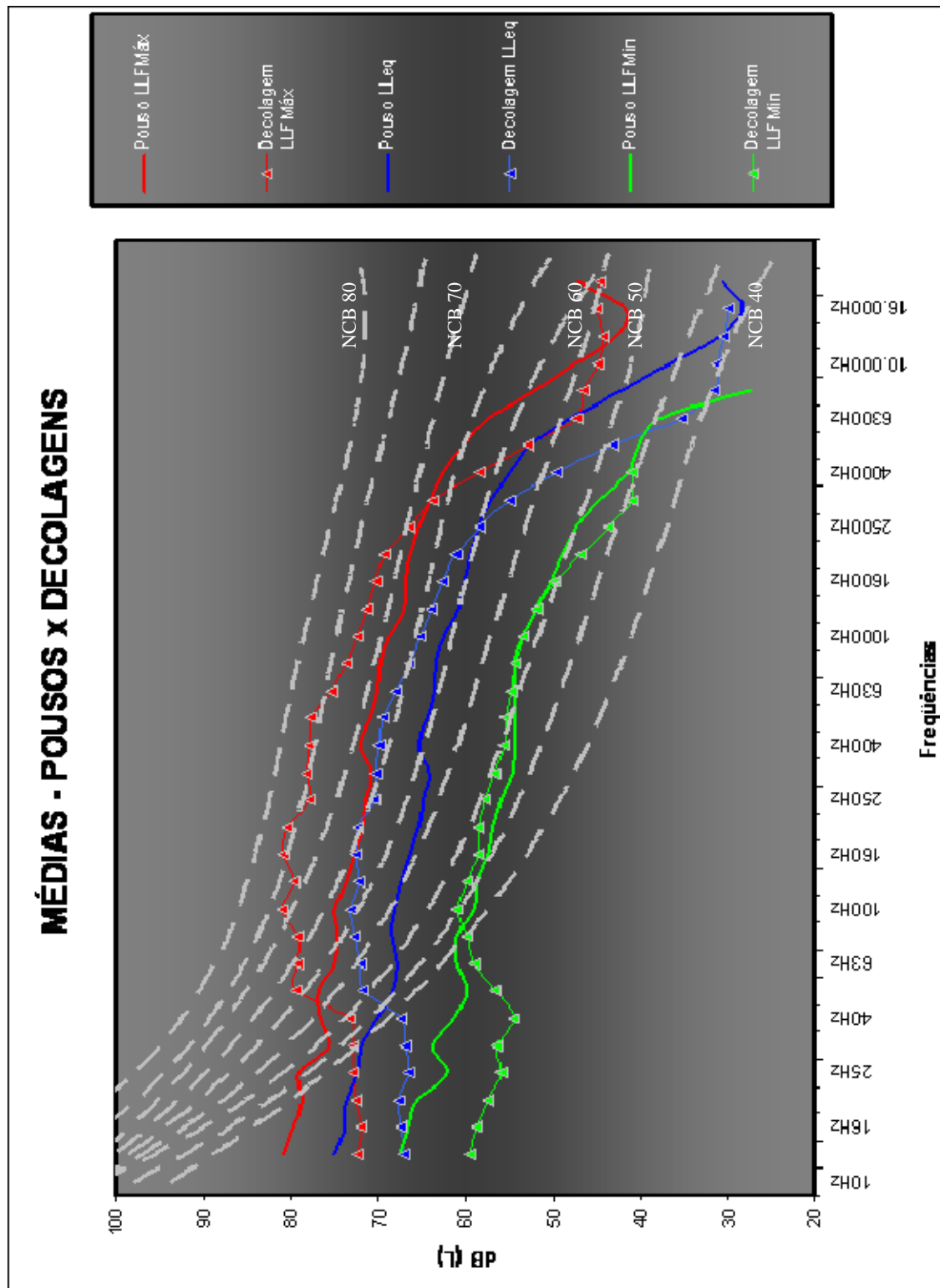


Figura 41. Níveis de ruído médios, em terços de oitava e relação com as curvas NCB, presentes na NBR 12314 (ABNT, 1997). Dados referentes a operações de decolagem e pouso.

A Figura 41 compara os resultados médios totais dos espectros de pouso, em relação aos de decolagem. Observa-se que o ruído de decolagem supera o ruído de pouso nas faixas de frequências compreendidas entre 40 e 2500 Hz. Os sons agudos, compreendidos entre 2500 e 10.000 Hz, são mais intensos nas operações de pouso do que nas de decolagem, assim como as ondas graves, compreendidas entre as frequências de 10 a 50 Hertz. Tais resultados são representativos dos parâmetros Leq e $LMáx$. O parâmetro $LMín$ também apresentou o mesmo tipo de resultado, porém com maior proximidade entre valores de pouso e decolagem. Para o $LMín$ a tendência de diferença entre níveis sonoros ocorreu com maior intensidade para as ondas graves, compreendidas entre 90 e 10 Hz.

Ainda assim, o maior incômodo notado, em relação às curvas NCB, é sempre proveniente das operações de decolagens. Assim, observa-se, para o caso dos parâmetros Leq e $Lmáx$, que as operações de decolagens atingem uma curva NCB acima das operações de pouso: (Leq de decolagem igual a NCB 65 / Leq de pouso igual a NCB 60), ($LMáx$ de decolagem igual a NCB 75 / Leq de pouso igual a NCB 70), ou seja, da ordem de 5 decibéis de diferença entre mesmos parâmetros. Assim, a análise por frequências se assemelha aos resultados por índices totais, analisados no item 4.3: “*Modelos de aeronaves e índices acústicos*”, que apresentaram diferença de intensidade entre pousos e decolagens da ordem de 4,4 decibéis.

Tabela 8. Resumo dos gráficos NCB apresentados com a classificação das aeronaves, em ordem decrescente de ruído gerado, conforme o índice de Leq, para toda a frota regular operante no período.

Equipamento	LLeq (dB)	LLFMax (dB)	LLFMin (dB)	Eventos Medidos	Duração Média
	NCB	NCB	NCB	nº	h:min:s
POUSO (Regular)					
B721	70	80	50	4	0:00:25
B732	65	75	50	29	0:00:25
MD11	60	70	45	10	0:00:31
B733	60	70	50	78	0:00:21
B735	60	70	50	39	0:00:19
B738	60	70	50	11	0:00:19
A319	60	70	50	2	0:00:13
B763	60	70	50	4	0:00:23
B737	60	65	50	70	0:00:18
A320	60	65	50	39	0:00:17
E121	60	65	50	4	0:00:11
E145	60	60	55	9	0:00:12
F100	55	65	50	52	0:00:15
F27	55	65	50	7	0:00:14
E120	55	65	50	18	0:00:13
DECOLAGEM (Regular)					
B732	70	80	50	3	00:00:45
B733	70	80	50	6	00:00:25
B763	65	80	50	1	00:00:38
B734	65	80	50	1	00:00:30
F101	65	80	50	1	00:00:26
B735	65	75	50	4	00:00:31
B738	65	75	50	1	00:00:32
A320	65	75	50	6	00:00:29
B737	65	70	50	10	00:00:25
F100	60	70	50	5	00:00:26
E145	55	65	50	2	00:00:13
E120	55	60	50	4	00:00:09

Os resultados apresentados na Tabela 8 apontam as aeronaves modelo B732 (B737-200) e B721 como sendo as mais ruidosas. Os resultados indicam a necessidade de mecanismos que limitem a operação das aeronaves do Capítulo II. A operação das aeronaves citadas anteriormente e classificadas no Capítulo II pode gerar reações da comunidade, especialmente em horários noturnos.

4.5 MODELOS DE AERONAVES E ÍNDICES ACÚSTICOS

4.5.1 Comparação entre diferentes tipos de aeronaves

As Figuras 42 e 43 apresentam os resultados médios de todos os modelos de aeronaves medidos. Esta análise permite, por comparação, verificar quais as aeronaves mais ruidosas, segundo três parâmetros (SEL, LMáx e Leq). A análise discrimina o tipo de operação medida em eventos de pouso (Figura 42) e de decolagem (Figura 43).

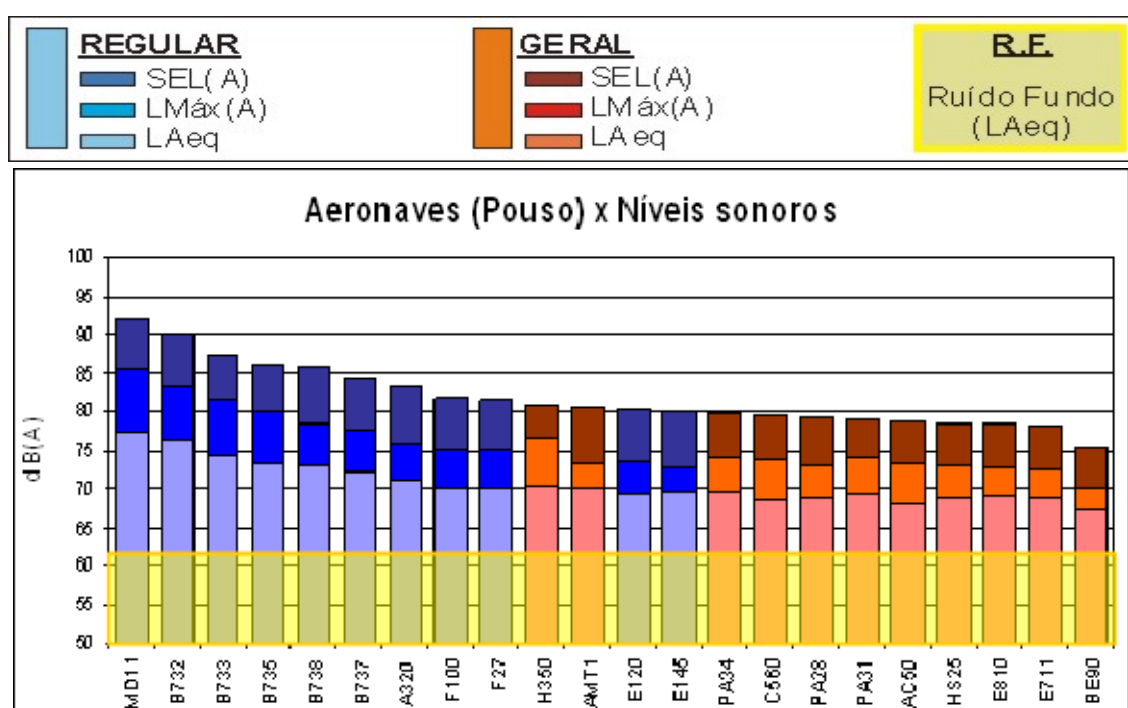


Figura 42. Classificação das aeronaves (pouso), em ordem decrescente de ruído gerado, conforme o índice SEL médio de cada aeronave e identificação do tipo de aviação (regular ou geral).

Novamente, verifica-se a importância do ruído emitido pela aviação geral. Percebe-se que, em operações de pouso, dois tipos de equipamentos (H350 e AMT1) tem seus níveis de ruídos classificados entre os equipamentos da aviação regular. Assim, os dois modelos citados (H350 e AMT1) apresentaram índices SEL mais elevados que os equipamentos da aviação regular, fabricados pela Embraer (E145 e E120). Ao efetuarmos uma análise semelhante, porém com o parâmetro de LMáx, a aeronave H350 apresenta níveis de ruído superiores ao A320, F100 e F27. Destacam-se os equipamentos MD11 e B732 como sendo visivelmente mais ruidosos que demais equipamentos regulares.

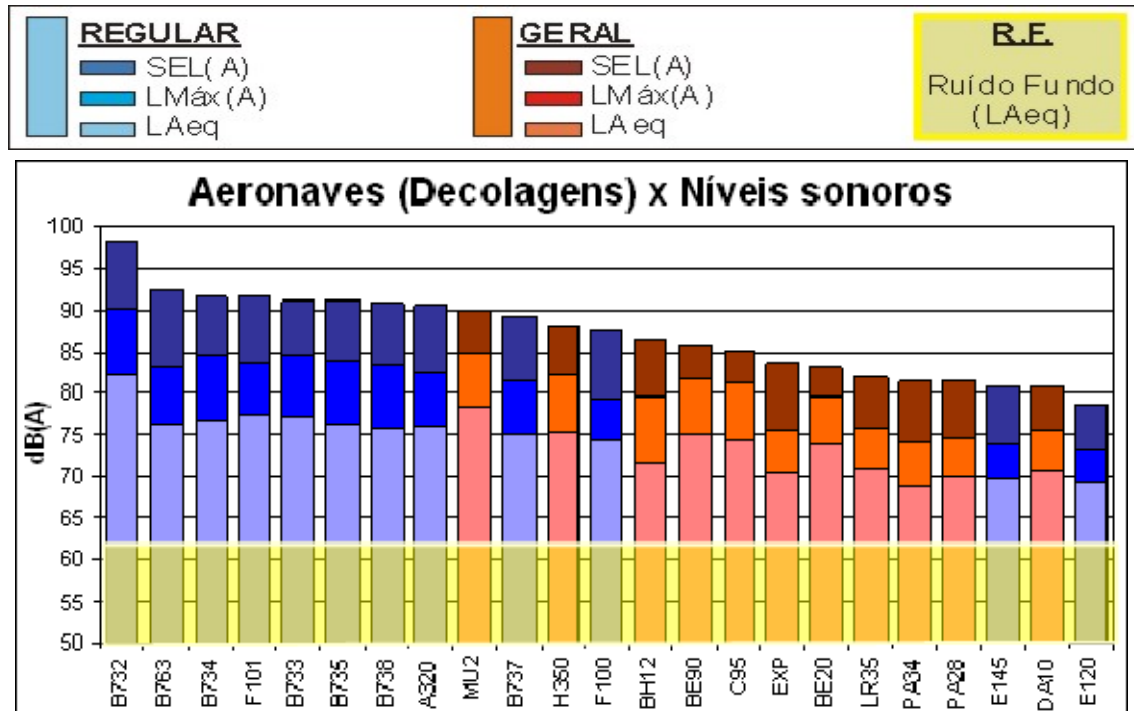


Figura 43. Classificação das aeronaves (decolagem), em ordem decrescente de ruído gerado, conforme o índice SEL médio de cada aeronave e identificação do tipo de aviação (regular ou geral).

A exemplo da análise anterior (pouso), verificamos o mesmo tipo de resultado para os procedimentos de decolagens. Novamente, encontram-se equipamentos da aviação geral dentre os mais ruidosos (MU2 e H350). As medições não registraram o equipamento MU2 em operação de pouso, porém, para o procedimento de decolagem, este se mostrou mais ruidoso do que alguns equipamentos clássicos da aviação regular (B737, F100, E145 e E120). Neste gráfico é interessante salientar a baixa ruidosidade dos equipamentos da Embraer (E145 e E120). Novamente, verifica-se que o equipamento H350 é mais ruidoso do que o Fokker 100, em todos os parâmetros comparados (SEL, LMáx e Leq). Outros resultados, a serem apontados, são os elevados níveis de ruído apresentados pelo equipamento B732, destoando consideravelmente dos demais equipamentos da aviação regular.

4.5.2 Comparativo entre Decolagens e Pousos para mesmos tipos de aeronaves

A Figura 44 compara níveis de ruído oriundos de pousos e decolagens para mesmos tipos de equipamento da aviação regular. O ruído gerado, no índice $SEL_{(A)}$, para decolagens, apresenta-se, em média, 4,4 dB acima do mesmo índice gerado para pousos. Em todos os casos apresentados, o nível $SEL_{(A)}$ se mostrou mais intenso na decolagem que o mesmo índice gerado no pouso, com exceção da aeronave E120, fabricada pela Embraer, a qual apresentou um índice $SEL_{(A)}$, para decolagens, de 1,4 dB inferior ao de pouso, da mesma aeronave. A aeronave E145 também apresentou pequena diferença entre pouso e decolagem (0,8 dB). Constatou-se que as aeronaves mais silenciosas, apresentaram pequena diferença de ruído de pouso em relação à decolagem. Cabe salientar que os resultados de decolagens representaram apenas 10% dos eventos medidos nos dez dias. Assim, deve-se dar maior credibilidade aos resultados advindos de operações de pouso. A diferença entre os dois tipos de operações, para todas as aeronaves apresentadas, teve o índice $SEL_{(A)}$ compreendido entre 7,9 dB (B732) e -1,4 dB (E120). Ao retirarmos as duas aeronaves mais silenciosas (E120 e E140) da média, temos que o ruído médio de decolagem é de 5,4 dB_(A) (SEL) mais intenso que o ruído de pouso.

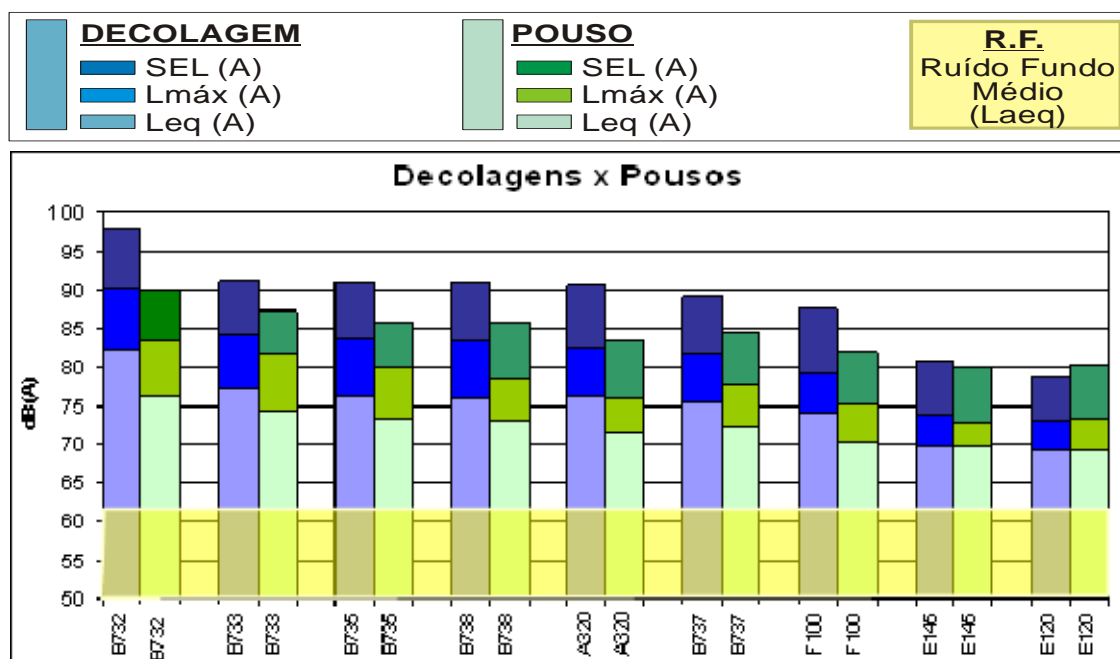


Figura 44. Gráfico comparando os níveis de ruído entre decolagens e pouso para o mesmo tipo de aeronave.

4.6 RUÍDO DE FUNDO

O ruído de fundo médio calculado (Tabela 10) foi da ordem de 61,9 dB_(A). É importante salientar que esse é o ruído de fundo sem a presença dos aviões. Foram mantidos os demais ruídos provenientes do entorno, como o tráfego rodoviário, por exemplo. Como referido anteriormente, os aviões foram identificados e retirados das medições acústicas. O software Evaluator calculou novamente todos os índices apresentados, sem a presença dos aviões. Obteve-se nesse processo o índice **médio de 61,9 dB_(A)** (Tabela 10) como sendo representativo do ruído de fundo, sem a presença dos aviões. Ao correlacionarmos tal índice com os obtidos nas medições anteriores à retirada dos aviões, observamos que o valor L50 de 60,8 dB_(A) (Tabela 9) é o que mais se aproxima do ruído de fundo.

Tabela 9. Resumo do ruído de fundo de cada dia em parâmetros estatísticos do conjunto dos dez dias analisados (sem a presença dos eventos sonoros gerados por aeronaves)

	Medição		Níveis Ln							Ln (E)
	Data	Duração	LAF1	LAF5	LAF10	LAF50	LAF90	LAF95	LAF99	74,6 dB(A)
Bloco 1	13/5/2004	10:53:02	71,1	65,6	64,1	61,5	60,2	59,9	59,3	0,5
	17/5/2004	11:55:37	74,4	64,9	63,9	61,8	58,7	57,6	56,3	1
	18/5/2004	12:10:00	71,4	64,8	63,6	61,3	59,6	59,1	58,2	0,5
	19/5/2004	14:52:15	70,3	65,1	64	61	57,6	56,9	55,9	0,4
	21/5/2004	15:00:00	72,9	66,1	64,3	61,1	58,1	56,7	55,3	0,7
Bloco 2	8/11/2004	15:00:00	72,6	66,6	64,4	60,7	57,2	55,9	54,5	0,6
	15/10/2004	15:00:00	71,1	64,6	62,9	60	56,8	55,8	54,6	0,5
	20/10/2004	15:00:00	72,7	65,7	64,2	61,3	59,5	58,9	57,3	0,7
	21/10/2004	15:00:00	72,9	66,4	64	59,5	57,1	56	54,7	0,7
	26/10/2004	15:00:00	73,2	64,1	62,7	60,1	56	55,1	53,8	0,8
Máximos	10 Dias (139:50:54)	15:00:00	74,4	66,6	64,4	61,8	60,2	59,9	59,3	1
Minimos		10:53:02	70,3	64,1	62,7	59,5	56	55,1	53,8	0,4
Desv. Pad		04:06:58	1,2	0,8	0,6	0,7	1,4	1,6	1,8	0,2
Média		13:59:05	72,3	65,4	63,8	60,8	58,1	57,2	56,0	0,6

4.7 NÍVEIS GLOBAIS DIÁRIOS DE EXPOSIÇÃO AO RUÍDO AERONÁUTICO

A Tabela 10 apresenta os resumos diários, médios, dos níveis acústicos calculados. O ruído de fundo apresentou Leq médio de 61,9 dB_(A), enquanto que o Leq médio de todos os tipos de eventos aeronáuticos foi de 74,6 dB_(A). Os eventos aeronáuticos determinam, pois, uma elevação de 12,7 dB_(A), em média, do ruído de fundo. Estes têm duração média de 20 segundos, durante os quais permanecem, pelo menos, 5 dB_(A) acima do ruído de fundo médio, de 61,9 dB_(A).

Um aumento de 12,7 dB_(A), medido em Leq, representa um grande incômodo para as pessoas expostas a este ruído. Tal fato ocorre, em média, 79 vezes por dia, no período diurno. Esse trabalho não estudou o comportamento noturno nesse ponto, porém pode-se imaginar tal situação, subtraindo-se 10 dB aos ruídos de fundo. Em período noturno, faz-se essa correção, visto que, geralmente, o ruído de fundo decresce em 10 dB nesse período, pois, o ruído de tráfego rodoviário e de outras fontes sonoras é bem menos intenso. Assim, em média, a diferença entre o ruído de fundo e os eventos passaria a ser de 22,7 dB, ou seja, determinante de grande incômodo (Tabela 11).

Em muitos países, o incômodo gerado por ruído aeronáutico não é avaliado pelo parâmetro LAeq, pois este não correlaciona bem o incômodo com o ruído gerado. Faz-se uso do índice Leq Máx, para se obter maior correlação com a situação que ocorre. Em média, os eventos apresentaram Leq Máx de 90,1 dB_(A) que, se comparado ao Leq do ruído de fundo, representa um aumento de 28,2 dB_(A), no turno diurno e calculado em 38,2 dB_(A), para o período noturno. Ou seja, extremamente incômodo para a vizinhança, podendo gerar ações enérgicas da comunidade atingida.

Tabela 10. Resumo de cada dia e relações matemáticas do conjunto dos dez dias analisados

Medição		Eventos (E)										RF		E - RF		E
Data	Duração	Número	Média	Total	(%)	LAE	LAFmax	LAFmin	LLeq	LAeq	LAeq	LAeq	LAeq	LAeq	74,6 dB(A)	
Bloco 1	13/5/2004	66	00:00:16	00:11:08	2,70	101,9	91,6	61,8	88,1	73,6	62,7	10,9	0,5			
	17/5/2004	60	00:00:26	00:17:12	3,63	109,4	95,6	57,6	87,1	79,2	62,4	16,8	1,0			
	18/5/2004	67	00:00:15	00:11:23	2,29	102,2	88,7	60,5	83,4	73,9	62,3	11,6	0,5			
	19/5/2004	79	00:00:18	00:16:35	2,66	103,9	88,1	61,7	83,4	74,0	61,7	12,3	0,4			
	21/5/2004	79	00:00:20	00:19:16	2,93	105,6	90,4	59,7	93,0	74,9	62,2	12,7	0,7			
Bloco 2	8/11/2004	70	00:00:23	00:19:21	2,98	104,4	86,5	58,7	95,8	73,3	62,0	11,3	0,6			
	15/10/2004	80	00:00:21	00:19:15	3,11	104,1	86,6	60,4	91,8	73,5	60,8	12,7	0,5			
	20/10/2004	77	00:00:18	00:19:41	2,57	105,3	88,8	61,1	92,3	74,7	62,3	12,4	0,7			
	21/10/2004	87	00:00:24	00:22:24	3,87	104,3	88,9	57,5	93,7	73,0	61,6	11,4	0,7			
	26/10/2004	78	00:00:20	00:20:22	2,89	107,1	95,9	59,4	85,3	76,2	61,1	15,1	0,8			
Máximos	15:00:00	87	00:00:26	00:22:24	3,87	109,4	95,9	61,8	95,8	79,2	62,7	16,8	1,0			
Mínimos	10:53:02	60	00:00:15	00:11:08	2,29	101,9	86,5	57,5	83,4	73,0	60,8	10,9	0,4			
Desv pad (139:50:54)	01:38:14	8,2	00:00:04	00:03:44	0,48	2,2	3,3	1,6	4,5	1,9	0,6	1,9	0,2			
Média	13:59:05	78,6	00:00:20	00:17:40	2,96	104,8	90,1	59,8	89,4	74,6	61,9	12,7	0,6			

Como se pode ver na Tabela 11, uma mudança no nível sonoro da ordem de 20 dB, corresponde a uma percepção de um som equivalente a de um som quatro vezes mais alto. Assim, os 28,2 dB de diferença, entre o ruído de fundo em Leq e o Leq Máx dos eventos, representa um aumento muito significativo no nível sonoro. Isso explica muito bem o incômodo sonoro que é gerado na passagem do avião, para o sono, por exemplo, ou alguma atividade que requer concentração.

Pode-se avaliar, ainda melhor, o impacto causado pela passagem de um avião utilizando o índice SEL, que é o parâmetro mais utilizado mundialmente (VALLET, VINCENT e OLIVIER, 2000). Nesse caso a diferença entre o ruído de fundo e o SEL é ainda maior que as comparações anteriormente feitas, devido ao tempo de exposição sonora. A análise das medições permitiu estabelecer o índice SEL médio de 104,8 dB_(A) no local e período medido, o que representa 42,9 dB_(A) a mais que o ruído de fundo no mesmo local.

A análise efetuada com três diferentes parâmetros utilizados na avaliação de ruído aeronáutico determinou uma grande diferença nos resultados obtidos. Seguindo as recomendações da OACI, Anexo 16 (OACI, 1988), o ruído aeronáutico deve ser monitorado com registros em LMáx e SEL.

Tabela 11: Percepção humana diante de mudanças no nível sonoro (Adaptado de: MEHTA, JOHNSON e ROCAFORT, 1999)

Percepção humana diante de mudanças no nível sonoro	
Mudança no nível sonoro dB	Mudanças na percepção do som
1	Imperceptível
3	Mal percebido
5	Claramente Percebido
10	Mudança Substancial, duas vezes mais alto
15	Grande diferença
20	Quatro vezes mais alto

4.8 APLICAÇÃO DA NBR 10151 (1987)

A NBR 10151 (ABNT, 1987) (Tabela 12) classifica a diferença média de 12,7 dB_(A), entre o ruído de fundo (Leq) e do avião (Leq), na categoria média, podendo ser motivo de queixas generalizadas por parte da comunidade exposta a esse ruído.

Tabela 12. Classificação do nível de incômodo e as prováveis reações na comunidade, conforme a diferença entre o ruído analisado e o ruído de fundo (ABNT, 1987).

Resposta da comunidade ao ruído (NBR 10151, 1987)		
Valor em dB(A) pelo qual o nível sonoro corrigido ultrapassa o nível de critério	Resposta estimada da comunidade	
	Categoria	Descrição
0	Nenhuma	Não se observa reação
5	Pouca	Queixas esporádicas
10	Média	Queixas generalizadas
15	Enérgicas	Ação comunitária
20	Muito Enérgicas	Ação comunitária vigorosa

Com o LAeq diurno dos eventos tendo atingido a média de 74,6 dB_(A), verifica-se, junto a NBR 10.151 (1987), que o ruído dos eventos ultrapassa os níveis recomendados de ruído externo. Como a área analisada é caracterizada como sendo “Mista, com vocação comercial e administrativa”, os valores encontrados não poderiam ultrapassar 60 dB no período diurno (tabela 13). Assim, os níveis sonoros estão 14,6 dB_(A) acima do requerido pela norma, para esta área. De qualquer forma, os níveis médios de 74,6 dB_(A), provenientes do ruído emitido pela passagem dos aviões, não atendem nenhum tipo de área descrita na norma, nem mesmo as áreas predominantemente industriais, com maior tolerância ao ruído.

Tabela 13. Níveis máximos de ruído ambiental indicados pela NBR 10151 (1987)

Nível de critério de Avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)		
Tipos de áreas	Diurno	Noturno
Sítios e fazendas	40	35
Estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Mista, predominantemente residencial	55	50
Mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Mista com vocação recreacional	65	55
Predominantemente industrial	70	60

4.9 VERIFICAÇÃO DA EFICÁCIA DA NBR 8572 EM RELAÇÃO À NBR 10152

Na Tabela 14 verifica-se a eficiência de aplicação da NBR 8572 (1984) frente às recomendações da NBR 10152 (2000), com os níveis sonoros medidos com dois diferentes descritores (L_{eq} e $L_{Máx}$). Para tal análise, simulou-se uma situação hipotética de um dormitório residencial, em uma edificação situada dentro da Área II do PEZR do aeroporto Salgado Filho.

A NBR 8572 (ABNT, 1984) determina um isolamento mínimo de 35 decibéis para a fachada de edificações localizadas dentro da área dois do PEZR. A NBR 10152 (ABNT, 2000) determina que o ruído, para conforto acústico, dentro de um dormitório, não deveria exceder a níveis de $45 \text{ dB}_{(A)}$, medido com o descritor L_{eq} .

Embora a norma estabeleça que a análise seja realizada com o descritor L_{eq} , decidiu-se analisar, também, outro descritor, como o $L_{Máx}$. Tal decisão foi baseada no fato de que o descritor L_{eq} não apresenta uma boa correlação com o incômodo gerado pela passagem das aeronaves. Para descrever tais eventos sonoros há uma tendência internacional de utilização dos índices SEL e $L_{Máx}$. Excluímos o descritor SEL desta análise, por este ter um caráter de concentração de energia associada ao ruído em um segundo. Com vistas a melhor explicar a análise previamente descrita, toma-se como exemplo as medições efetuadas para o MD11, presentes na Tabela 14.

Tabela 14. Eficiência da NBR 10152 para uma situação hipotética de dormitório com isolamento acústico de acordo com a NBR 8572.

POUSO										
Equipamento	Número de Eventos Medidos	Duração Média (seg)	Leq [dBA]		NBR 8572 (isolamento requerido de 35 dB)	Níveis de ruído dentro da edificação (LAeq)		NBR 10152 Conforto acústico em um dormitório = 45 (dBA)	Diferença (LAeq-NBR 8572)	
			Leq	Lfmax		Níveis de ruído dentro da edificação (LAeq)	Níveis de ruído dentro da edificação (LAMax)		Diferença (LAeq-NBR 8572)	Diferença (LAMax-NBR 8572)
			Medição		-35	Medição - 35 dB		45	Verificação da eficiência	
MD11	10	0:00:31	77,3	85,4		-35	42,3		50,4	45
B732	29	0:00:25	76,2	83,4	41,2		48,4	-3,8	3,4	
B721	4	0:00:25	77,6	86,2	42,6		51,2	-2,5	6,2	
A30B	1	0:00:23	77,0	84,1	42,0		49,1	-3,0	4,1	
B763	4	0:00:23	73,5	79,7	38,5		44,7	-6,6	-0,3	
B733	78	0:00:21	74,3	81,5	39,3		46,5	-5,7	1,5	
B738	11	0:00:19	72,9	78,5	37,9		43,5	-7,1	-1,5	
B735	39	0:00:19	73,3	80,1	38,3		45,1	-6,7	0,1	
B737	70	0:00:18	72,2	77,6	37,2		42,6	-7,8	-2,4	
A320	39	0:00:17	71,3	75,8	36,3		40,8	-8,7	-4,2	
F100	52	0:00:15	70,2	75,0	35,2		40,0	-9,8	-5,0	
F27	7	0:00:14	70,3	75,0	35,3		40,0	-9,7	-5,0	
A319	2	0:00:13	73,1	79,2	38,1		44,2	-6,9	-0,8	
E120	18	0:00:13	69,3	73,3	34,3		38,3	-10,7	-6,7	
E145	9	0:00:12	69,5	72,7	34,5		37,7	-10,5	-7,3	
E121	4	0:00:11	68,5	72,7	33,5		37,7	-11,6	-7,3	

Registrou-se um total de 10 eventos produzidos por MD11. Em média, os eventos deste equipamento duraram 31 segundos. O Leq médio verificado foi de 77,3 dB_(A). Se a fachada do dormitório atenua 35 dB_(A), como requerido pela NBR 8572 (ABNT, 1984), o ruído dentro do dormitório será de $77,3 - 35 = 42,3$ dB_(A). A NBR 10152 (ABNT, 2000) determina o conforto acústico, em dormitórios residenciais, em 45 dB_(A). Assim, os 42,3 dB_(A) percebidos dentro do dormitório, quando da passagem de um MD11 garantiriam o conforto acústico, pois não ultrapassaram o limite de 45 dB_(A). Porém, ao efetuarmos a mesma simulação com o descritor L_{Máx}, o ruído percebido dentro do dormitório estaria 5,4 dB_(A) acima do conforto acústico da NBR 10152 (ABNT, 2000).

Analisando-se todos os eventos aeronáuticos, em operações de pouso, verificou-se que, em todos os casos, o isolamento requerido na NBR 8572 (ABNT, 1984) proporcionou conforto acústico dentro o dormitório, para o descritor Leq. Ou seja, o nível de isolamento indicado pela NBR 8572 viabiliza obtenção do conforto requerido, porém, ao utilizarmos o descritor LMáx, como indicado pela OACI, verifica-se que em 42,7% do número total de eventos medidos, os níveis para conforto acústico não são atingidos.

Os resultados desta análise também são validos para outros tipos de ambientes que se enquadram na mesma faixa de conforto acústico de 35 a 45 dB_(A) da NBR 10152 (ABNT, 2000), sendo estes:

- **Hospitais:** apartamentos, enfermarias, berçários, centros cirúrgicos;
- **Escolas:** bibliotecas, salas de música, salas de desenho;
- **Hotéis:** apartamentos;
- **Auditórios:** salas de conferências, cinemas, salas de uso múltiplo;
- **Escritórios:** salas de gerência, salas de projetos e de administração;

4.10 HISTÓRICO DIÁRIO E IDENTIFICAÇÃO DOS EVENTOS

A seguir, são apresentados os históricos diários, para o turno diurno (Figuras: 45 a 54), somando um total de 10 dias de medições validadas. Ao analisar o primeiro gráfico de cada página (*Eventos x Ruído de Fundo*) pode-se, facilmente, perceber o grande impacto sonoro causado pela passagem das aeronaves.

Os resultados discriminam os vôos regulares (tons azulados), dos vôos gerais (tons de vermelho), em relação ao ruído de fundo, medido em dB_(A), com o parâmetro Leq (tons de amarelo).

Para cada evento aeronáutico, são apresentados três diferentes parâmetros medidos, os quais sempre se apresentam na ordem de grandeza que segue: SEL, LMáx e Leq. Tais índices foram escolhidos por serem representativos da situação analisada (eventos sonoros de origem aeronáutica).

Atualmente, existe um grande debate sobre qual dos três índices deve ser adotado para melhor representar o incômodo gerado pela passagem de aviões. Conforme apresentado em revisão bibliográfica (OACI, 1988), os índices SEL e LMáx são os mais recomendados e, para a certificação de aeronaves, recomenda-se que ambos devam ser utilizados. Já o índice Leq, apesar de conceitualmente não descrever bem os eventos de origem aeronáutica, é um índice consagrado e interessante para nossa situação, pois, permite comparar valores de um mesmo parâmetro (Leq): os valores do ruído de fundo, com os valores do ruído dos eventos aeronáuticos. Para uma melhor didática fez-se uso da exemplificação de um dos dias medidos, assim, tomou-se como exemplo o dia 13/05/2005.

O primeiro gráfico, representativo do dia 13/05/2005, mostra que, durante o período medido (7:08:36 às 18:01:38) ocorreram 46 eventos sonoros. Desses, 13 foram vôos gerais (particulares – tons de vermelho) e 33 foram vôos regulares (comerciais – tons de azul), dos quais 11 foram da VARIG, sete da TAM, seis da GOL, três da ONE, três da VASP e mais três de outras três companhias aéreas. Também são descritas as aeronaves que operaram nesse dia, com o respectivo número de vezes que o mesmo tipo de aeronave teve seu ruído caracterizado.

Dos 46 eventos sonoros medidos no dia 13/05/2004, apenas três (todos vôos gerais – tons de vermelho) não ultrapassaram o ruído de fundo, ou seja, não produziram um evento sonoro. Assim, no horário comercial, das 7:08 às 18:01 horas, os moradores e/ou usuários dessa área foram acusticamente perturbados em, pelo menos, 43 vezes dentro desse período. O incômodo ocorre para os vôos comerciais (aviação regular - vermelho) e também para vôos particulares (aviação geral), porém em menor intensidade para os últimos (aviação geral - azul).

Foi constatado que apenas os aviões do tipo geral, ou seja, não pertencente a grandes companhias aéreas, apresentaram, em alguns casos, ruídos que não ultrapassam o ruído de fundo. Assim sendo, esses casos não foram considerados como eventos sonoros. Já os aviões regulares, em todos os casos medidos, ultrapassaram o ruído de fundo em, pelo menos 5 dB_(A), durante um tempo mínimo de 5 segundos, ou seja, todos causaram eventos sonoros no ponto medido.

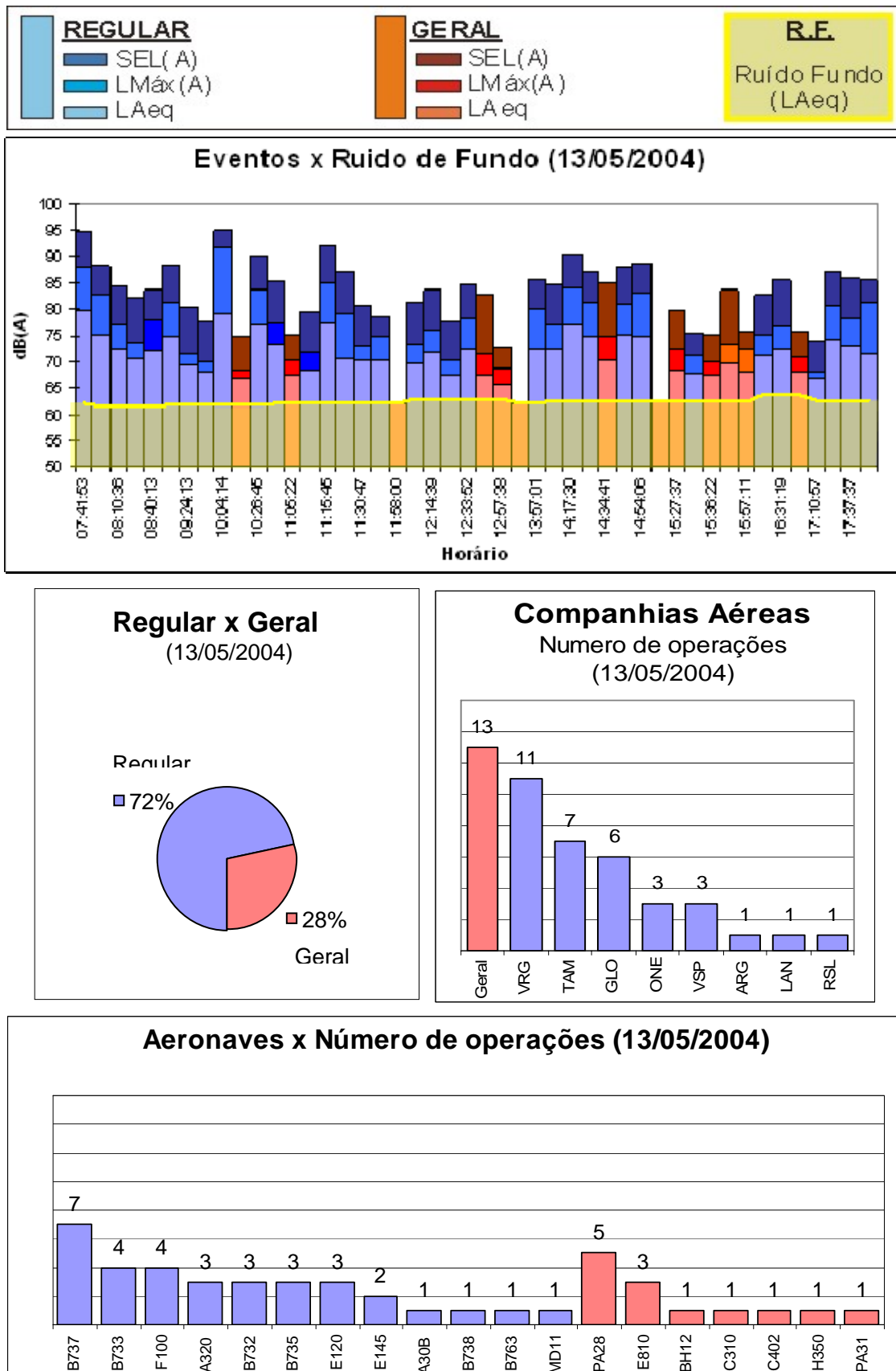


Figura 45. Ruído e fluxo aeronáutico, referentes aos eventos medidos no dia 13/05/2004

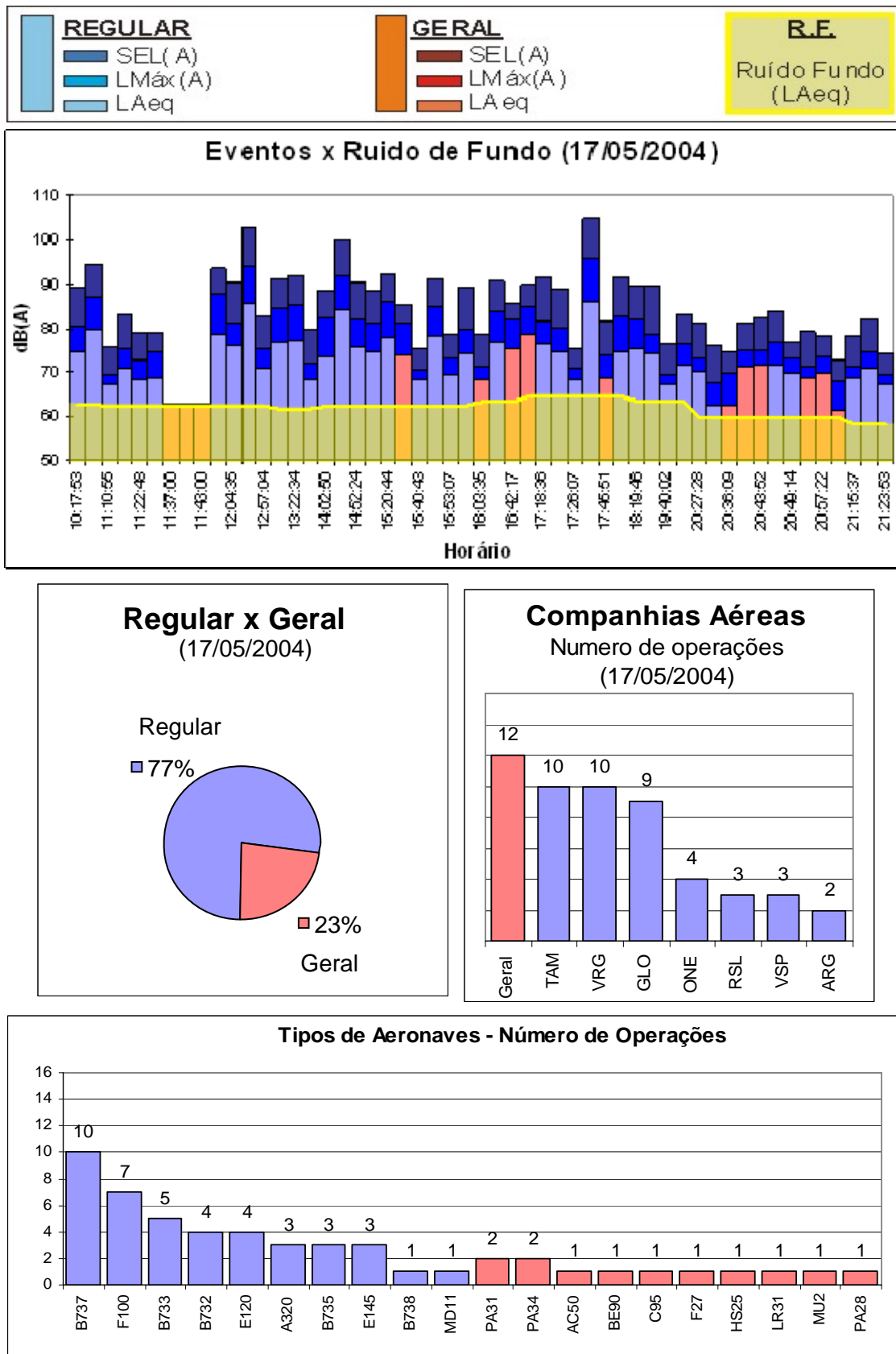


Figura 46. Ruído e fluxo aeronáutico, referentes aos eventos medidos no dia 17/05/2004

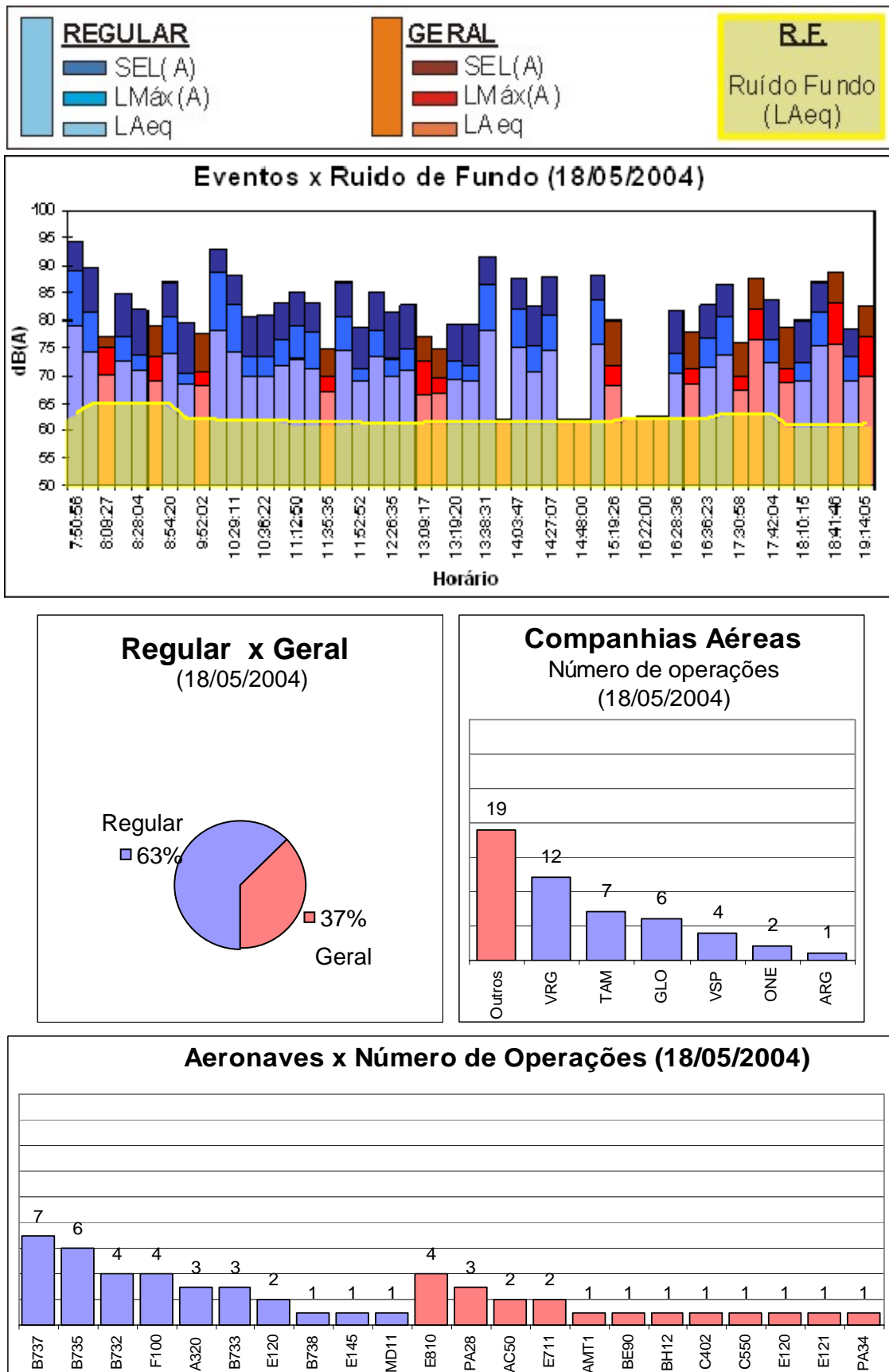


Figura 47. Ruído e fluxo aeronáutico, referentes aos eventos medidos no dia 18/05/2004

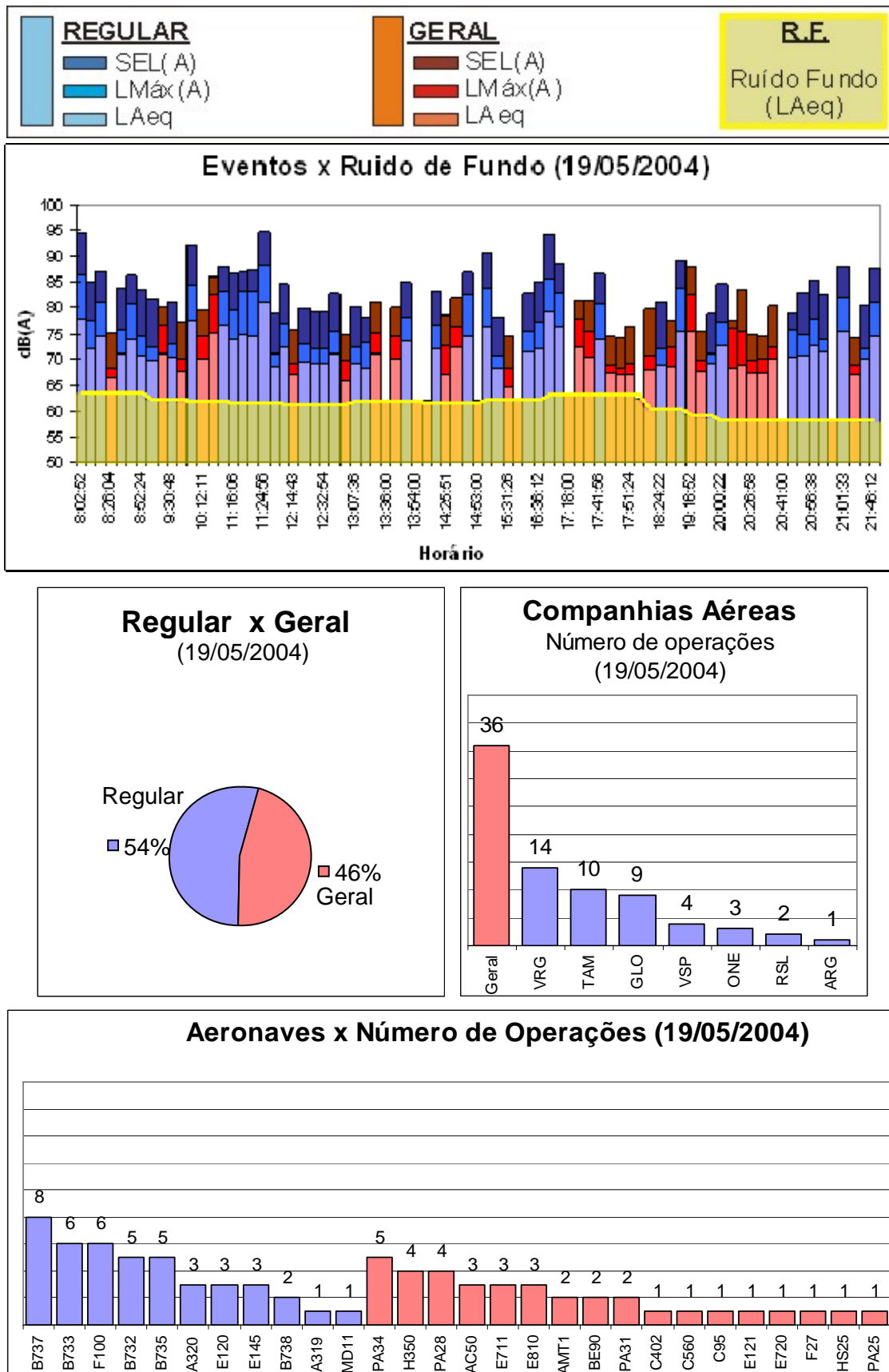


Figura 48. Ruído e fluxo aeronáutico, referentes aos eventos medidos no dia 19/05/2004

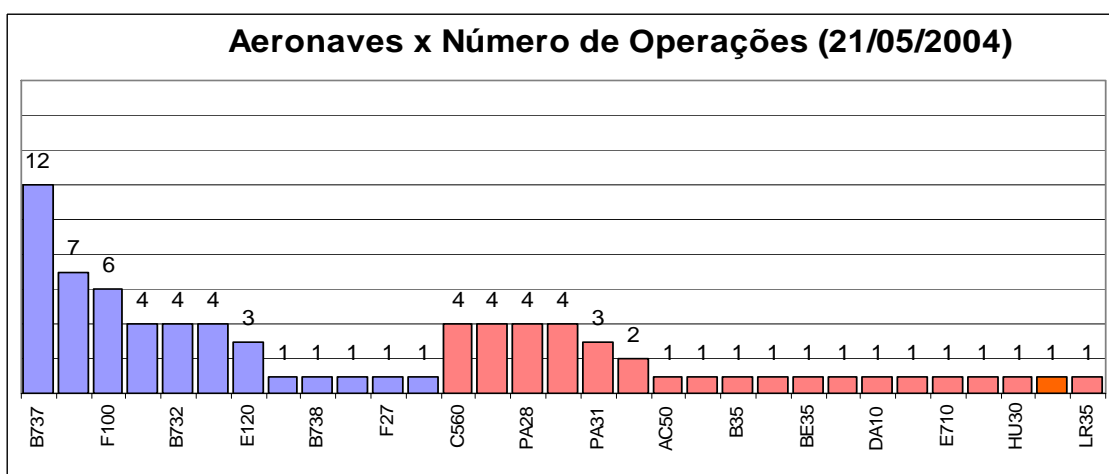
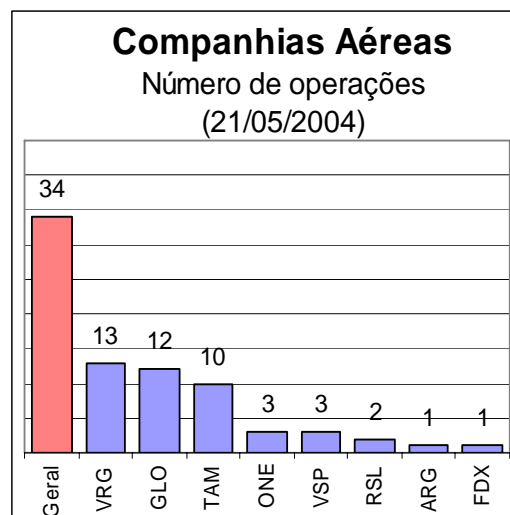
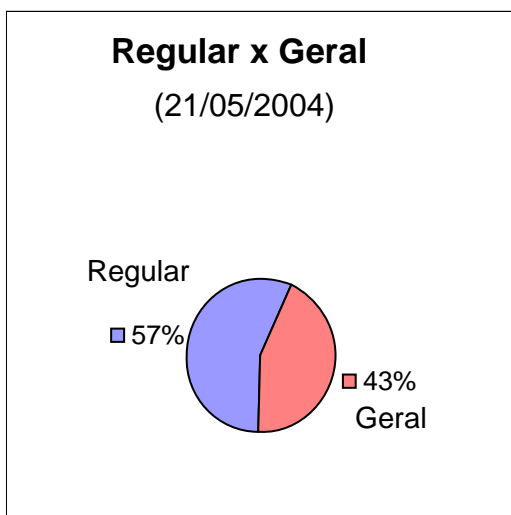
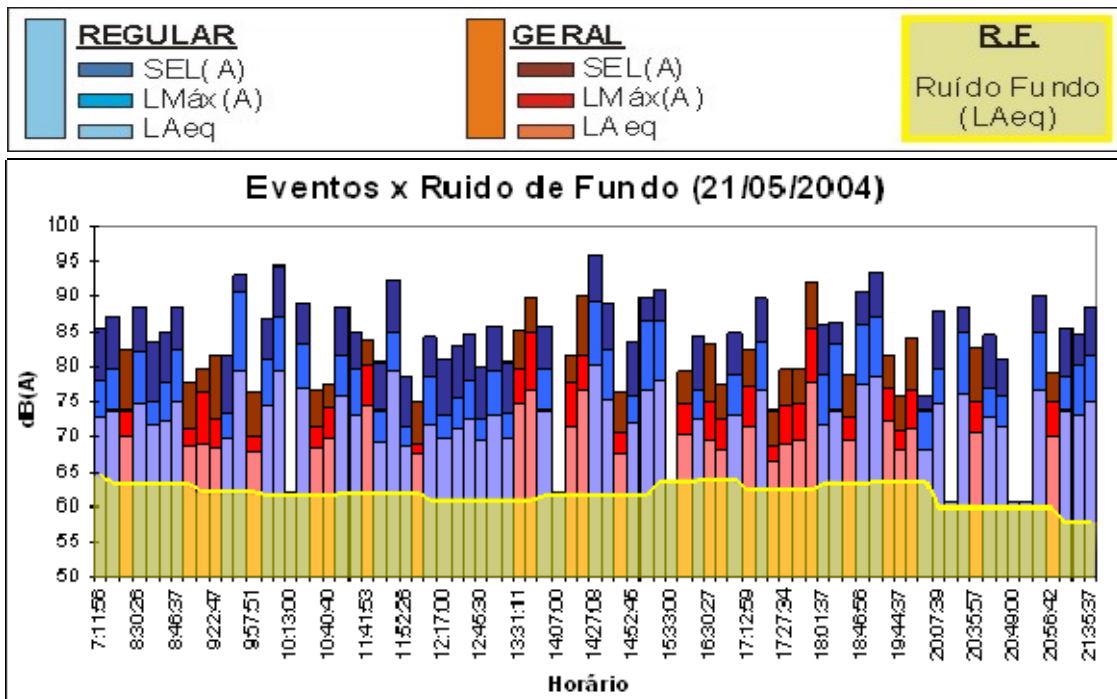


Figura 49. Ruído e fluxo aeronáutico, referentes aos eventos medidos no dia 21/05/2004

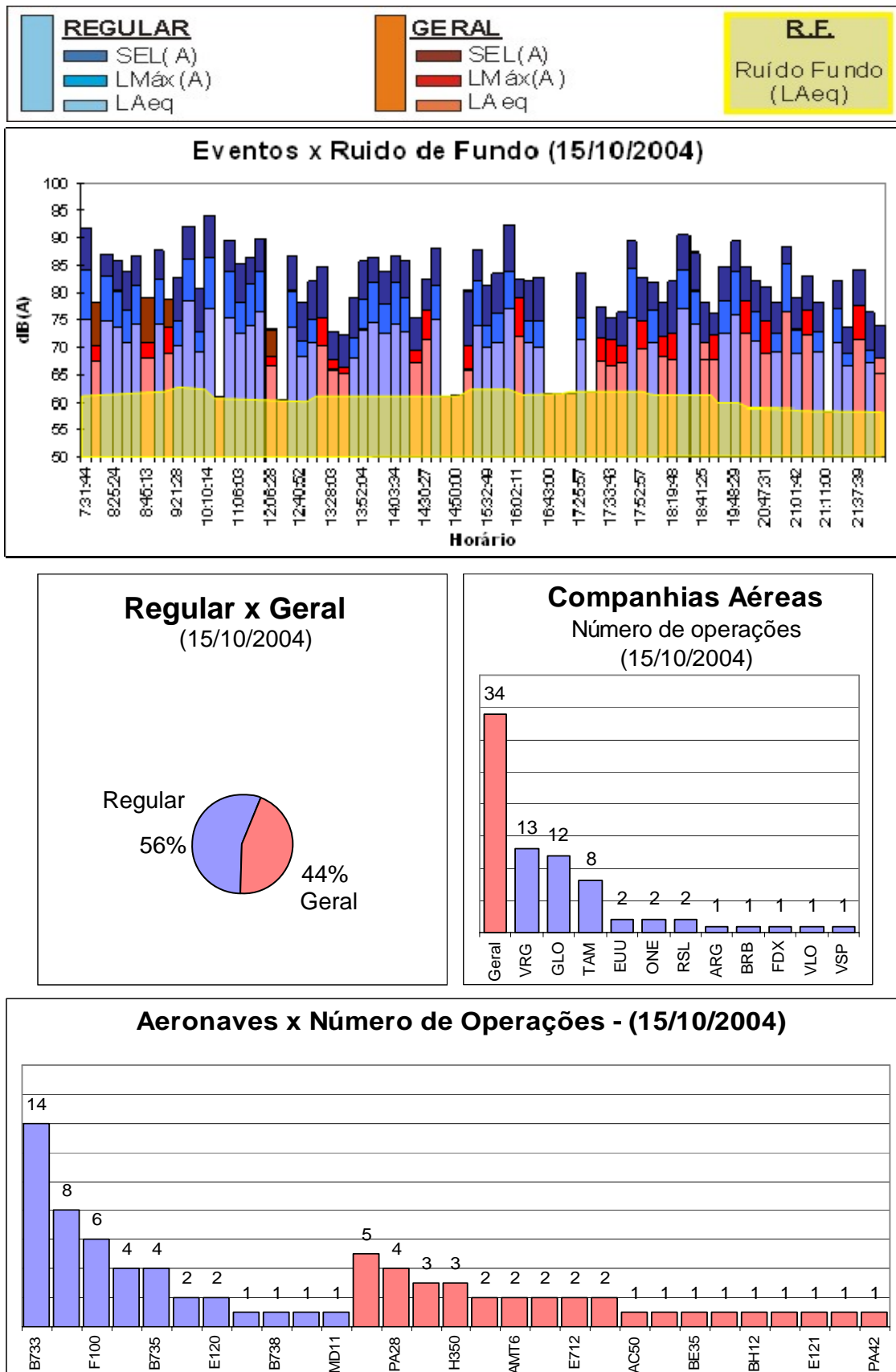


Figura 50. Ruído e fluxo aeronáutico, referentes aos eventos medidos no dia 15/10/2004

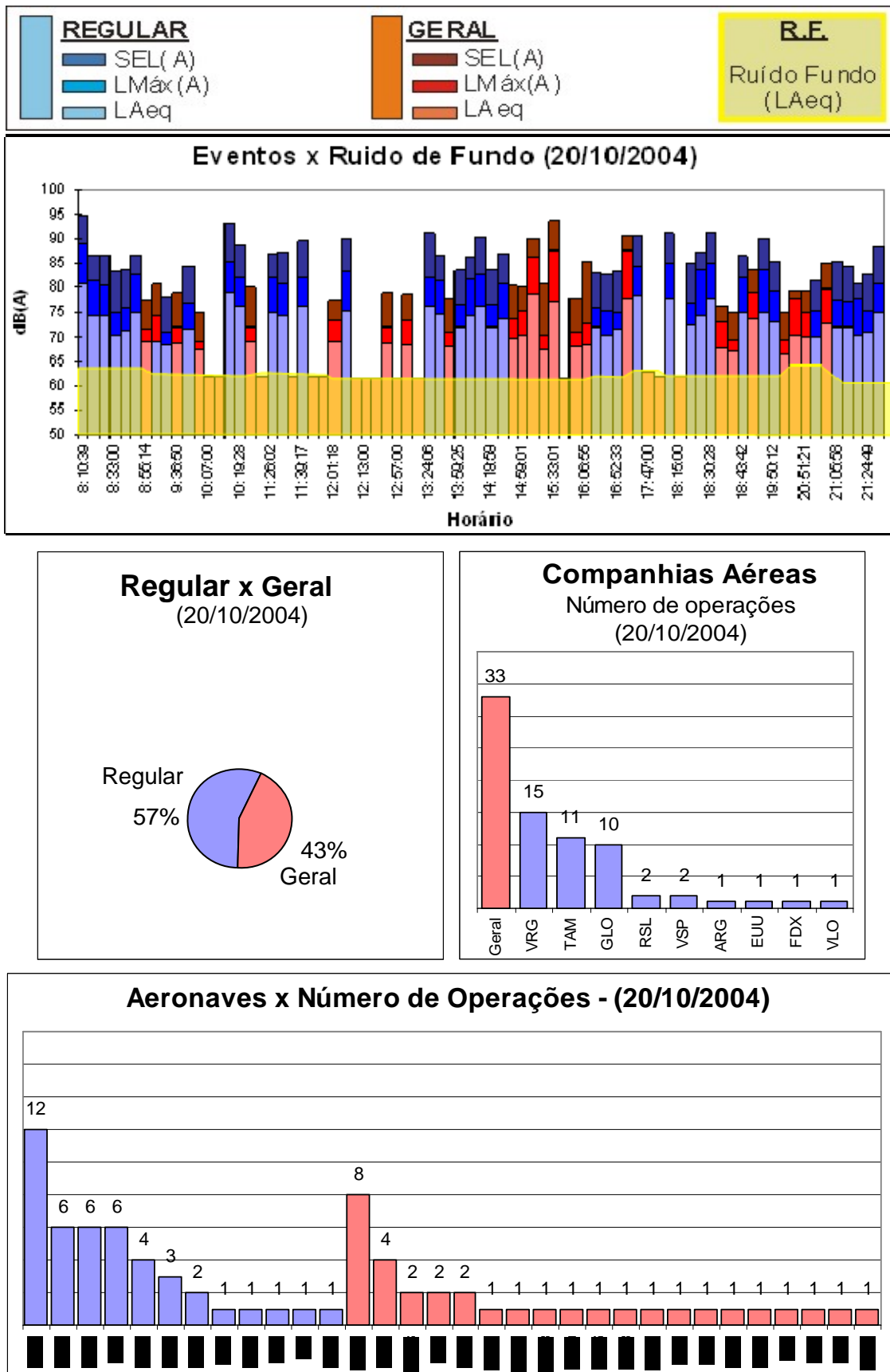


Figura 51. Ruído e fluxo aeronáutico, referentes aos eventos medidos no dia 20/10/2004

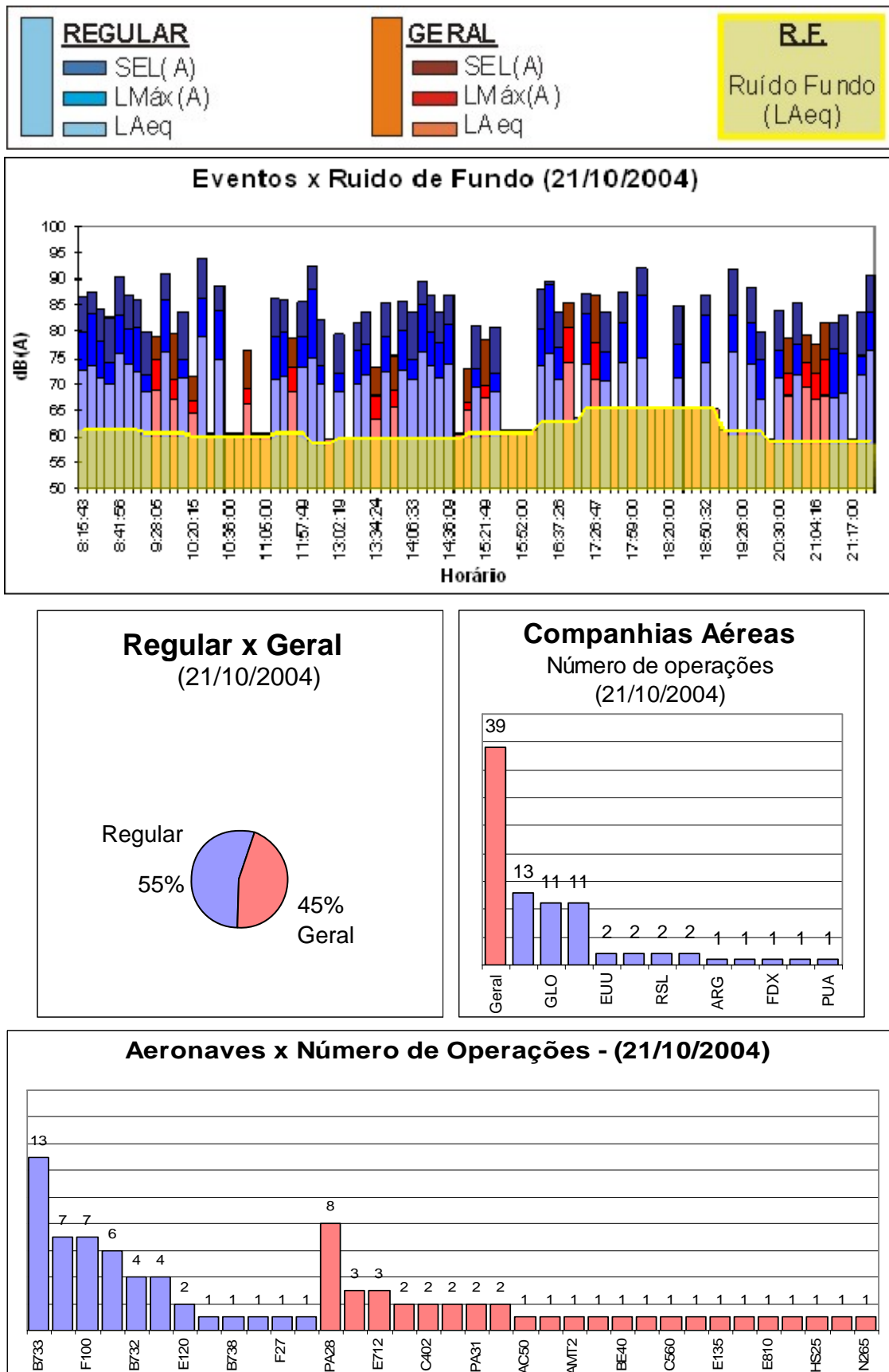


Figura 52. Ruído e fluxo aeronáutico, referentes aos eventos medidos no dia 21/10/2004

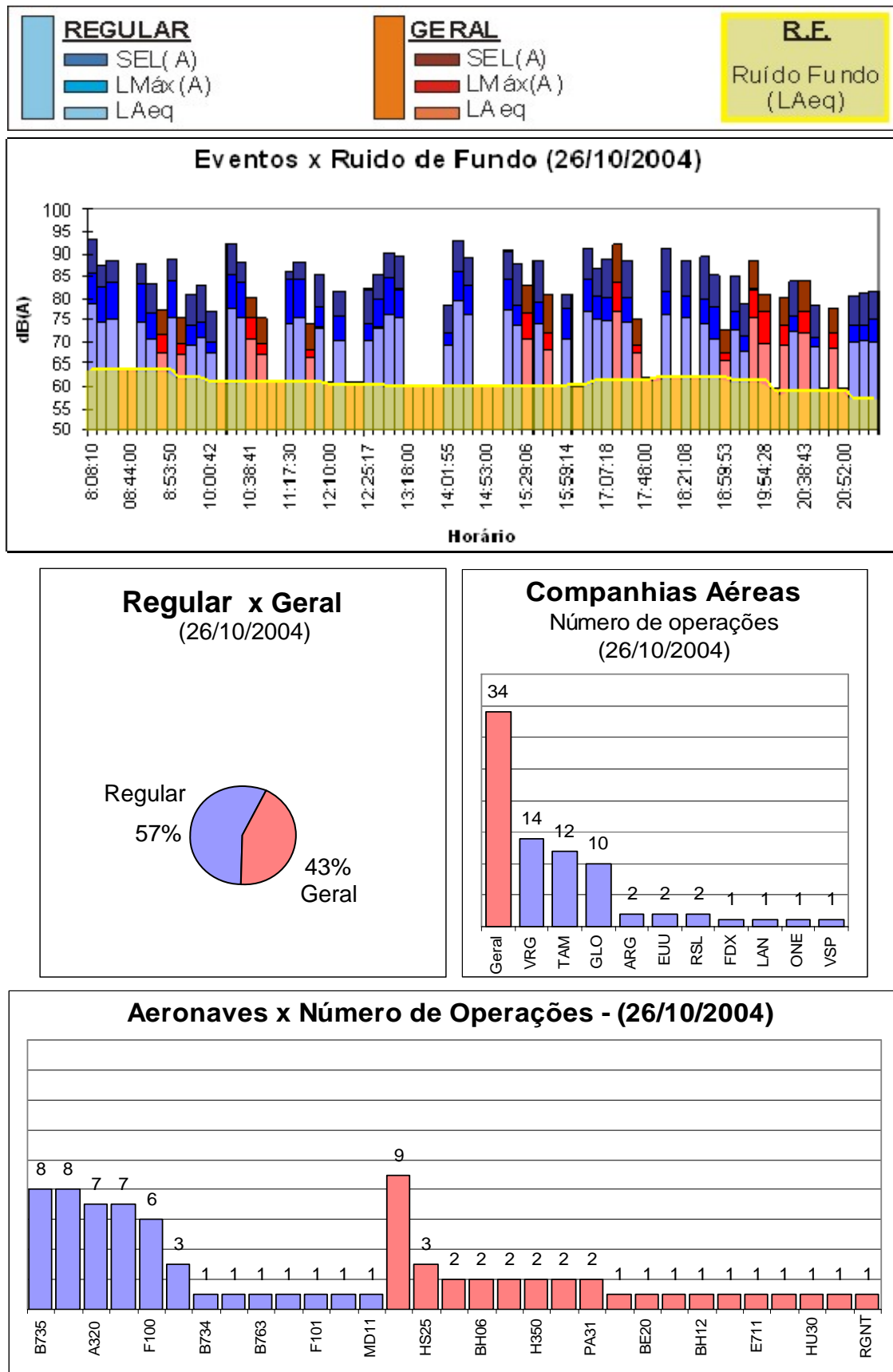


Figura 53. Ruído e fluxo aeronáutico, referentes aos eventos medidos no dia 26/10/2004

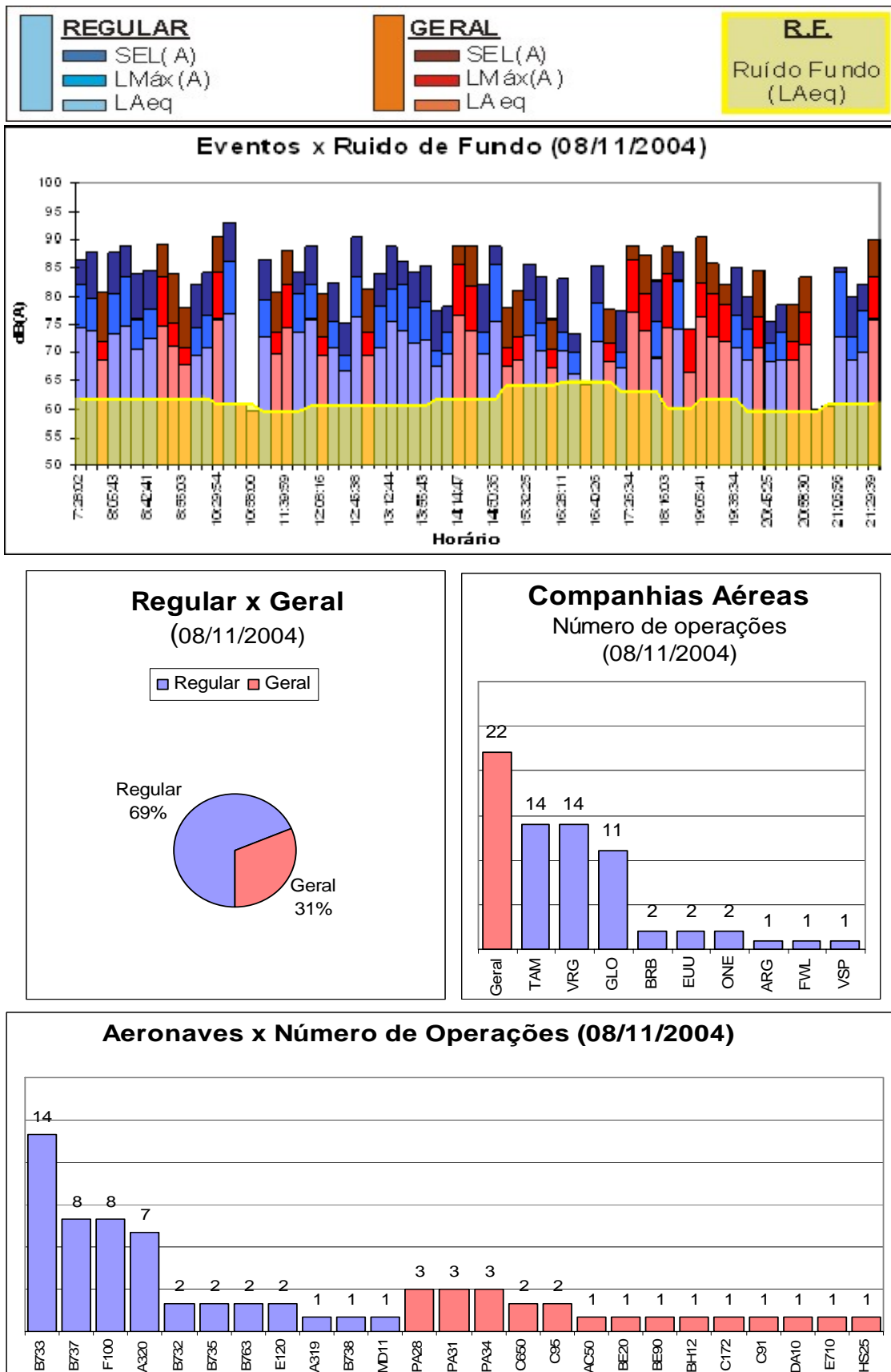


Figura 54. Ruído e fluxo aeronáutico, referentes aos eventos medidos no dia 08/11/2004

5 CONCLUSÕES

A seguir formularam-se as conclusões com os resultados anteriormente apresentados. Verificou-se que, conforme o índice utilizado (Leq, LMáx ou SEL), obteve-se uma considerável variação nos resultados, assim mesmo, todos apresentaram grande diferença com o ruído de fundo, causando grande incômodo. Em média temos um evento sonoro ocorrendo a cada 12 minutos (período diurno), ou seja, cinco eventos por hora. Assim, em uma análise mais geral dos resultados, pode-se afirmar que **os eventos aeronáuticos perturbam de forma significativa a população exposta e com grande frequência.**

5.1 MÉDIAS DIÁRIAS DE FLUXO REGULAR

O fluxo diurno médio verificado no período foi de 79 operações diárias, sendo 58% proveniente do fluxo regular e o restante, 42%, do fluxo geral. O fluxo geral, embora menos freqüente e ruidoso que o fluxo regular, demonstrou ter significativa influência nos níveis de ruído emitidos e deve ser levado em consideração nas abordagens de cunho acústico, para este aeródromo.

Três empresas aéreas (Varig, Tam e Gol) foram responsáveis, juntas, pela grande maioria das movimentações aéreas da Aviação Regular. Seis tipos de aeronaves representam a grande maioria (81,4%) dos equipamentos operantes no aeroporto, sendo eles: Boeing 737 nas versões 300, 700, 500 e 200, do Airbus 320 e do Fokker 100.

5.2 MODELOS DE AERONAVES E ÍNDICES ACÚSTICOS

Em operação de pouso, os equipamentos MD11 e B732 são consideravelmente mais ruidosos que os demais equipamentos regulares. Os modelos da aviação geral H350 e AMT1, apresentaram níveis de ruído de pouso mais elevados que alguns equipamentos da aviação regular, (E145 e E120). Ao efetuar-se uma análise com o parâmetro LMáx, a aeronave H350 apresentou níveis de ruído de pouso superiores ao A320, F100 e F27.

Os níveis de ruído gerados pela decolagem do B732 são consideravelmente superiores a todos outros equipamentos medidos. A retirada, substituição ou restrição do uso dessa

aeronave, ao turno diurno, causaria uma queda significativa no incômodo gerado pelas atividades do aeroporto Salgado Filho.

Em operação de decolagem o equipamento H350 é mais ruidoso que o Fokker 100, em todos os parâmetros analisados (SEL, LMáx e Leq). O equipamento MU2 (pouso) mostrou ser mais ruidoso do que alguns equipamentos clássicos da aviação regular (B737, F100, E145 e E120).

5.3 RUÍDOS DE POUSOS x RUÍDOS DE DECOLAGENS

Os procedimentos (aviação regular) de decolagem geram ruídos de aproximadamente, cinco decibéis a mais do que os procedimentos de pouso, para um mesmo local de medição acústica. Tal resultado foi observado, tanto nos níveis globais (Leq, LMáx, LMín e SEL), como na análise espectral.

O ruído de decolagem mostrou-se mais intenso nas frequências centrais, compreendidas entre 40 e 2500 Hertz. Nas demais frequências (sub graves e agudos) o ruído é mais intenso nas operações de pouso.

5.4 RUÍDO DE FUNDO

O ruído de fundo médio, calculado, foi da ordem de 61,9 dB_(A). Observamos que o valor %L50 de 60,8 dB_(A) é o que melhor se aproxima do ruído de fundo em LAeq. Já os eventos sonoros oriundos da passagem de aviões, com Leq médio de 74,6 dB_(A), aproximaram-se mais do índice de %L1 de 72,3 dB_(A). Assim verifica-se que os índices, usualmente, utilizados para análises de ruído ambiental (L90 para Ruído de Fundo e L10 para eventos sonoros) não foram os mais adequados, e sim L50 e L1, respectivamente.

5.5 VERIFICAÇÃO DA EFICÁCIA DA NBR 8572 EM RELAÇÃO À NBR 10152

Verificou-se a eficácia da NBR 8572 (ABNT, 1984), em relação aos níveis de conforto acústico da NBR 10152 (ABNT, 1987). Porém, percebe-se que a NBR 10152 utiliza-se de um parâmetro (Leq) que não representa adequadamente a situação que ocorre. Ao avaliarmos o ruído aeronáutico com um parâmetro consagrado para este tipo de situação

(LMáx) percebe-se que os índices de isolamento acústico da NBR 8572 (ABNT, 1984), são insuficientes dependendo do tipo de equipamento que sobrevoa a edificação. O problema tende a ser mais grave considerando as decolagens e o período noturno.

5.6 CLASSIFICAÇÃO DO RUÍDO EM RELAÇÃO À NBR 10.151

O ruído medido em Leq não atende aos níveis recomendados pela NBR 10151 (ABNT, 2000a): “*Níveis de conforto na comunidade*”, para nenhum tipo de área especificado na norma para o turno diurno, estando 14,6 dB_(A) acima do requerido para a área estudada (área mista com vocação comercial e administrativa).

Os eventos sonoros de origem aeronáutica atingiram elevados níveis sonoros, apresentando duração média de 20 segundos, durante os quais permaneceram, no mínimo, 5 dB_(A) acima do ruído de fundo médio. A diferença entre o ruído de fundo (LAeq) e os eventos sonoros teve grande variação, conforme o parâmetro considerado: 12,7 dB_(A) (Leq); 28,2 dB_(A) (LMáx). Tais índices podem resultar em queixas generalizadas e ações comunitárias, por parte da comunidade que sofre esse ruído, conforme a norma (ABNT, 2000a).

5.7 SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.7.1 Ampliação do banco de dados

Efetuar medições acústicas do lado oposto (cabeceira 11) da pista de rodagem. Devido ao local onde foram efetuadas as medições acústicas, obteve-se uma predominância de movimentos operacionais de pousos medidos (90% de pousos, para 10% de decolagens). Medições na lateral da pista, também, seriam indicadas, para complementar o banco de dados aqui iniciado. Medições atendendo às situações que seguem, dariam um panorama mais amplo da situação acústica, nas proximidades do Aeroporto Salgado Filho:

- a) **Medições axiais** (colocação do medidor acústico sob o eixo das rampas virtuais de aproximação e decolagem), registrando as situações que seguem:

- Predominantemente advindas de operações de decolagens efetuadas pela cabeceira 11 (as medições deste trabalho registraram apenas movimentos ocorridos pela cabeceira 29).
- b) **Medições laterais** (colocação do medidor acústico paralelamente à pista de rodagem) registrando as situações que seguem:
- Predominantemente advindas de operações de pousos efetuados pela cabeceira 29 (a serem realizadas);
 - Predominantemente advindas de operações de decolagens efetuadas pela cabeceira 11 (a serem realizadas).

As medições acústicas efetuadas em campo demonstraram ser uma árdua tarefa. A opção de se fazer registros, com durações diárias de 15 horas (turno diurno), dificultou a coleta, armazenamento e transferência de dados. Sugere-se para trabalhos futuros fazer uso de softwares de predição de ruídos aeronáuticos, utilizando as medições já efetuadas para ajustar os modelos matemáticos.

No caso da monitoração de ruído aeronáutico, é imprescindível que seja estabelecida uma parceria formal com a INFRAERO (este trabalho contou com a colaboração informal da mesma). O reconhecimento das aeronaves registradas pelo nosso medidor acústico seria impossível sem a ajuda da INFRAERO.

É importante salientar, que é necessário, que os relógios de todos os aparelhos estejam devidamente sincronizados com a torre de controle, pois esta nos fornece os dados de fluxo, informando qual aeronave está sendo monitorada. Assim serão eliminados possíveis erros de identificação de aeronaves.

Quanto aos outros três tipos de medições sugeridas (decolagem axial, decolagem lateral e pouso lateral), recomenda-se, que estas sejam efetuadas, num menor período de tempo do que as medições efetuadas para este trabalho.

5.7.2 Verificação da perda de transmissão em esquadrias

Seria interessante mensurar a perda de transmissão das esquadrias, utilizadas na Área II, para verificar se estas atendem a NBR 8572 (ABNT, 1984). Medições de campo, efetuadas dentro de dormitórios, poderiam verificar, na prática, se as esquadrias estão atendendo aos níveis recomendados de isolamento acústico a que se propõem. Juntamente, poderão ser calculadas as doses de ruído referentes ao período noturno, visto que este é o período considerado crítico, devido ao maior incômodo sofrido.

5.7.3 Concentrar as pesquisas em variáveis com conseqüências econômicas

A OMS (2004) recomenda concentrar as pesquisas científicas em variáveis com conseqüências econômicas. Pesquisas junto aos moradores que habitam a Área II do PEZR seriam valiosas para a luta contra o ruído. As pesquisas poderiam abordar temas como a perda de audição, as interferências na comunicação social e perturbação do sono. Todos os incômodos, acima citados, acarretam em prejuízos sociais, pois, muitas vezes são fatores determinantes para a queda de produção por parte da população exposta. A queda de desempenho, conforto e gastos com saúde, acabam por gerar um custo social alto, diretamente ligado à desvalorização imobiliária das áreas expostas. Assim, sugere-se uma abordagem do tema sob este prisma, cruzando os dados acima citados e fazendo uso de medições acústicas e questionários, tendo como enfoque final o custo monetário gerado pelo ruído.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8572**: Fixação de valores de redução de nível de ruído para tratamento acústico de edificações expostas ao ruído aeronáutico. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **NBR 10151**: Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 12314**: Critérios de ruído para recintos internos nas edificações submetidas ao ruído aeronáutico. Rio de Janeiro, 1997.

BRASIL. Ministério da Aeronáutica. Lei Nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986. Ementa. **Código Brasileiro de Aeronáutica**.

_____. Portaria nº 1.141/GM5, de 08 dezembro de 1987. Dispõe sobre Zonas de Proteção e aprova o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos, o Plano Básico de Zoneamento de Ruído, o Plano Básico de Zona de Proteção de Helipontos e o Plano de Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, v. 125, n. 233, p. 21190-98, 09 Dez. 1987.

_____. Portaria nº 398/GM5, de 04 de junho de 1999. Dispõe sobre a aplicação do Anexo 14 à Convenção de Aviação Civil Internacional no Território Nacional. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 206, p. 11, 07 Jun. 1999.

_____. **Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA-139)**. Certificação Operacional de Aeroportos. Rio de Janeiro. Novembro de 2003.

_____. Portaria nº 1.141/GM5, oito de dezembro de 1987. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**: Brasília, 1987.

_____. Portaria nº 13/GM5, cinco de janeiro de 1994. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**: Brasília, 1994.

_____. Portaria nº 717/ GM5, quatro de novembro de 1999. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**: Brasília, 1999.

BRÜEL & KJAER. **Environmental noise**. Denmark: Brüel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S, 2000. 65p.

CAA-NLR – CIVIL AVIATION AUTHORITY – NATIONAL AEROSPACE LABORATORY. **Étude de l'évaluation de l'impact du bruit sur la zone terminale aeroportuaire de Paris**. Projet de rapport final. Paris, 2001. 51 p.

COLLADOS, E. Costo social del ruido urbano em Santiago de Chile. **Tecniacustica**. Madrid, 2000.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986**. Vincula o licenciamento de atividades modificadoras do meio-ambiente à elaboração de EIA-RIMA a serem submetidos à aprovação do órgão competente. Brasília: IBAMA, 1986.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução Conama – 1984/1990**. Brasília: IBAMA, 1990.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 04, de 9 de outubro de 1995**. Cria a Área de Segurança Aeroportuária (ASA), estabelecendo restrições especiais sobre o uso da terra de propriedades vizinhas dos aeródromos. Brasília: IBAMA, 1995.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre o processo de licenciamento ambiental. Cria a Área de Segurança Aeroportuária (ASA), estabelecendo restrições especiais sobre o uso da terra de propriedades vizinhas dos aeródromos. Brasília: IBAMA, 1997.

GAMA, A.P. **Análise de Sensibilidade**: Um instrumento de apoio à gestão ambiental sonora em aeroportos urbanos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.

GERGES, S. N. Y. **Ruído**: fundamentos e controle. 2 ed. Florianópolis: NR Editora, 2000. 676p.

IAC - INSTITUTO DE AVIAÇÃO CIVIL. **Curso de planejamento no entorno de aeroportos**. Rio de Janeiro, 2000a.

_____. **Curso sobre controle de ruído aeroportuário**. Rio de Janeiro, 2000b.

_____. **Políticas de controle de ruído e política brasileira de controle de ruído e sistemas de tarifas aeroportuárias**. Rio de Janeiro, 2000c.

_____. **Manual de gerenciamento do uso do solo no entorno de aeródromos**. Rio de Janeiro, s.d.

INFRAERO. **Histórico do Aeroporto Internacional Salgado Filho em Porto Alegre**. Disponível em: <<http://www.infraero.gov.br>> Acesso em: 5 de janeiro de 2004.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Acoustics**: procedure for describing aircraft noise heard on the ground, ISO 3891. Switzerland, 1978. 24 p.

JETSITE. A evolução do transporte aéreo. Disponível em < <http://jetsite.com.br>> Acesso em maio de 2005.

LARBURU, K ; AURREKOETXEA, J. Molestias producidas por el ruido ambiental urbano en Eibar y Arraste-Mondragón. **Tecniacustica**. Barcelona, 1996.

LEWY, S. **L'Aéroacoustique em Aéronautique**. Assemblée Générale de la SFA. Châtillon: Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales. Châtillon, 17 décembre 2002. 15p.

MAIA, M. A. L. **Contribuição do mapeamento do ruído urbano na cidade de Porto Alegre**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil. Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação. Porto Alegre, 2003.

MEHTA, M.; JOHNSON, J.; ROCAFORT, J. **Architectural acoustics: principles and design**. Columbus: Prentice Hall, 1999. 446p.

MULLEWIE, G. **Introduction sur les émissions de bruit par les avions et les progres en matiere d'émissions sonores**. Liège: Université de Liège. 1999. 15 p.

OMS – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Resumo das orientações das diretivas da OMS, relativas ao ruído no meio Ambiente** Disponível em : <<http://www.who.int/docstore/peh/noise/bruit.html>> Acesso em: junho de 2004.

OACI - ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNACIONALE. **Normes et pratiques recomendées internationales**. IN protection de l'environnement. Anexe 16. La convention relative a l'aviation civile internationale. Vol .1. Bruit des aeronefs. 1988.

OFEFP-OFS. OFFICE FÉDÉRAL DE L'ENVIRONNEMENT DES FORÊTS E DU PAYSAGE – OFFICE FEDERAL DE L'ESTATÍSTIQUE. **Impacts sur l'environnement**. Environnement Suisse 2002.–. Liège, 2002. Disponível em: <<http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/fr/medien/umweltbericht/druck/index.html>>. Acesso em: cinco de janeiro de 2004.

RECUERO LÓPEZ, M. **Ingeniería Acústica**. Madrid: Paraninfo, 2000. 670 p

ROTT, J. A. A. **Mapa simplificado de ruídos para a cidade de Porto Alegre**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil. Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação. Porto Alegre, 1995.

SANZ, S; GARCÍA, M; GARCÍA, A. Los efectos del ruído de trafico sobre el rendimiento de los alumnos em colégios de enseñanza primaria. **Tecniacustica**, Valladolid, 1993.

STNA – SERVICE TECHNIQUE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE. **Monitoring de bruit et trajectoires d'avions**. Guide sur les caractéristiques techniques des systèmes de surveillance automatique de bruit aéronautique. Guide monitoring_V6. Toulouse, 2002.

VALLET, M. ;VINCENT, B ; OLIVIER, D. **La gêne due au bruit des avions autour des aéroports**. Ministère de l'Environnement. Rapport LTE n° 9920. Mars 2000.