



APLICAÇÃO DE UMA ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS EM RECEPTORES
CRÍTICOS LOCALIZADOS AO REDOR DOS AEROPORTOS BRASILEIROS COM
O AUXÍLIO DE UMA MÉTRICA COMPLEMENTAR

Luiz André de Carvalho

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Transportes.

Orientadores: Carlos David Nassi
Jules Ghislain Slama

Rio de Janeiro
Março de 2016

APLICAÇÃO DE UMA ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS EM RECEPTORES
CRÍTICOS LOCALIZADOS AO REDOR DOS AEROPORTOS BRASILEIROS COM
O AUXÍLIO DE UMA MÉTRICA COMPLEMENTAR

Luiz André de Carvalho

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

Prof. Carlos David Nassi, Dr.Ing.

Prof. Jules Ghislain Slama, D.Sc.

Prof. Ronaldo Balassiano, Ph.D.

Prof. Max Suell Dutra, Dr.Ing.

Prof. Webe João Mansur, Ph.D.

Prof. Roberto Aizik Tenenbaum, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

MARÇO DE 2016

Carvalho, Luiz André De

Aplicação de uma análise preliminar de riscos em receptores críticos localizados ao redor dos aeroportos brasileiros com o auxílio de uma métrica complementar / Luiz André de Carvalho. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2016.

XXI, 221 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Carlos David Nassi

Jules Ghislain Slama

Tese (Doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2016.

Referências Bibliográficas: p. 179-191.

1. Ruído aeronáutico e suas implicações. 2. Análise preliminar de riscos. I. Nassi, Carlos David *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III Título.

A DEUS,

que tornou tudo possível.

Aos meus pais, Luiz Carlos e Maria de Nazaré.

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Carlos David Nassi, meu orientador, por aceitar me orientar no decorrer do curso de Doutorado.

Ao prof. Jules Ghislain Slama, meu coorientador, pelas oportunidades que me deu no início e no decorrer do curso de Doutorado.

A Jane e a Maria Helena, da seção de ensino, sempre solícitas.

Aos meus amigos da pós: Tarcilene Aparecida Heleno, Rafael de Freitas Magina, Ana Paula Gama e Felipe Lemos; pela ajuda que me deram no decorrer do Doutorado.

Aos professores e funcionários da COPPE, em especial, aos do Programa de Engenharia de Transportes.

Aos meus pais e família, por terem acompanhado e compreendido as minhas dificuldades.

Ao CNPQ pelo apoio financeiro inicial à realização desta Tese.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

APLICAÇÃO DE UMA ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS EM RECEPTORES CRÍTICOS LOCALIZADOS AO REDOR DOS AEROPORTOS BRASILEIROS COM O AUXÍLIO DE UMA MÉTRICA COMPLEMENTAR

Luiz André de Carvalho

Março / 2016

Orientadores: Carlos David Nassi
Jules Ghislain Slama

Programa: Engenharia de Transportes

A legislação referente ao ruído aeronáutico no Brasil é bem rígida e só reconhece a métrica *Day-Night Level* (DNL) como ferramenta de auxílio no monitoramento do ruído aeroportuário.

Essa Tese analisa a importância da adoção de uma métrica auxiliar (complementar) ao DNL para determinar os impactos do ruído das aeronaves em locais específicos sensíveis ao ruído aeronáutico, especialmente, em análises de interferência na fala ou de distúrbio do sono. Nela, foi dada ênfase aos receptores críticos, vulneráveis ao ruído aeroportuário, sugerindo o nível sonoro contínuo equivalente ponderado em A (LAeq) como ferramenta auxiliar ao DNL. Essa métrica complementar auxiliaria os tomadores de decisão a definir novos limites de uso do solo ao redor dos aeroportos brasileiros.

No intuito de modernizar o Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC 161) foi aplicada também uma Análise Preliminar de Riscos (APR). Essa ferramenta permitiria o RBAC 161 se adequar às regulamentações da Organização Mundial da Saúde (OMS) e às normas brasileiras NBR 10151 e 10152, definindo as reduções de ruído necessárias à instalação de receptores críticos entre a curva auxiliar, proposta por essa Tese, e o DNL 65dB(A).

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D.Sc.)

APPLICATION OF A PRELIMINARY ANALYSIS OF RISKS IN CRITICAL
RECEPTORS LOCATED AROUND THE BRAZILIAN AIRPORTS WITH THE AID
OF A MEASURE ADDITIONAL

Luiz André de Carvalho

March / 2016

Advisors: Carlos David Nassi

Jules Ghislain Slama

Department: Transport Engineering

The legislation relation to aircraft noise in Brazil is very strict and only recognizes the Day-Night Level (DNL) metric as the only tool to aid in the monitoring of airport noise.

This Thesis analyzes the importance of adopting an auxiliary metric (complementary) to determine the impacts of aircraft noise at sensitive specific locations to aircraft noise, especially in analyzes of speech interference and sleep disturbance. In it, emphasis was given to critical receptors, vulnerable to airport noise, and suggested the A-weighted equivalent sound level (LAeq) as an auxiliary tool to DNL. This complementary metric would help decision makers to set new limits land use around airports.

In order to modernize the Brazilian Regulation of Civil Aviation (RBAC 161) was also applied a Preliminary Risk Analysis (APR). This tool would allow the RBAC161 suit the regulations of the World Health Organization (WHO) and the Brazilian Standards (NBR) 10151 and 10152, setting the noise reductions required for installation of critical receptors between the auxiliary curve, proposed by this Thesis, and DNL 65 dB(A).

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO	1
1.1 <i>Dimensão ambiental do ruído do transporte aéreo</i>	1
1.2 <i>Escopo e contribuição da Tese</i>	2
1.3 <i>Estrutura da Tese</i>	4

CAPÍTULO 2

RUÍDO AEROPORTUÁRIO	6
2.1 <i>Caracterização das fontes de ruído</i>	7
2.1.1 <i>Principais fontes sonoras</i>	8
2.1.2 <i>Evolução dos motores e seu reflexo na produção de ruído</i>	9
2.1.3 <i>Classificação das aeronaves pela produção de ruído</i>	10
2.2 <i>Ruído aeroportuário versus população atingida</i>	11
2.3 <i>Riscos à saúde</i>	12
2.4 <i>O ruído prejudica o aprendizado das crianças</i>	15
2.5 <i>Quantificação do número de incomodados através de índices de exposição ao ruído aeronáutico</i>	20
2.6 <i>Perspectivas para o futuro</i>	22
2.7 <i>Planejamento integrado e abordagem equilibrada</i>	23
2.8 <i>Conclusões</i>	25

CAPÍTULO 3

LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE O RUÍDO E A ISO 1996	27
3.1 <i>Constituição Federal</i>	27
3.2 <i>Resoluções do CONAMA</i>	29
3.2.1 <i>Resolução 01/90</i>	30
3.2.2 <i>Resolução 02/90</i>	31

3.3 <i>Estatuto da Cidade</i>	34
3.3.1 <i>Estudo de impacto de vizinhança</i>	35
3.4 <i>Legislações estaduais</i>	36
3.5 <i>Legislações municipais</i>	38
3.6 <i>ISO 1996</i>	41
3.7 <i>Conclusões</i>	42

CAPÍTULO 4

DIMENSÃO ESPACIAL DE UM AEROPORTO	44
4.1 <i>Licenciamento e regularização</i>	44
4.2 <i>Aeroporto: sua presença na comunidade</i>	46
4.3 <i>Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC n°161 / EMENDA n°00)</i>	48
4.3.1 <i>Destaque do RBAC 161</i>	49
4.3.2 <i>FAR.PART 150 como referência do RBAC</i>	51
4.4 <i>Curvas de ruído</i>	53
4.5 <i>Plano de zoneamento de ruído</i>	55
4.6 <i>Obtenção de dados por intermédio das medições do evento de ruído aeronáutico</i> .	60
4.6.1 <i>Recomendações da ISO 1996</i>	60
4.6.1.1 <i>Grandezas meteorológicas</i>	61
4.6.2 <i>Recomendações da ISO 3891</i>	62
4.7 <i>Utilização de informações por satélite para a identificação de área, de receptores críticos e de suas coordenadas geográficas</i>	64
4.8 <i>Trabalhar os dados obtidos com o auxílio de ferramentas computacionais</i>	65
4.8.1 <i>Integrated Noise Model</i>	66
4.8.2 <i>Sistema de Informações Geográficas (SIG)</i>	67
4.9 <i>Conclusões</i>	68

CAPÍTULO 5

POR QUE O DNL? ADOÇÃO DE MÉTRICAS COMPLEMENTARES	71
5.1 <i>A importância das métricas complementares no caso brasileiro</i>	74
5.2 <i>Escolha da métrica complementar a ser utilizada</i>	77

5.2.1 Norma ABNT NBR 10151	80
5.2.2 Elaboração de uma curva auxiliar baseada na norma ABNT NBR 10151.....	83
5.3 <i>Conclusões</i>	86

CAPÍTULO 6

AVALIAÇÃO DE RISCOS	89
6.1 <i>Objetivos da avaliação de riscos</i>	90
6.2 <i>Técnicas de avaliação de riscos</i>	91
6.3 <i>Avaliação de riscos aplicada ao transporte aéreo</i>	95
6.4 <i>Análise Preliminar de Riscos (APR)</i>	97
6.4.1 <i>Definição de classificação de riscos</i>	104
6.4 <i>Conclusões</i>	105

CAPÍTULO 7

METODOLOGIA	106
7.1 <i>CrITÉrios de seleção de aeroportos</i>	106
7.2 <i>Diagnósticos dos aeroportos escolhidos</i>	107
7.2.1 <i>Simulações de acústica previewional</i>	108
7.3 <i>Identificações dos receptores críticos, tais como: escolas, igrejas, hospitais, entre outros</i>	109
7.4 <i>Utilização do software INM para a quantificação de ruído (cálculo do LAeqD e do LAeqN e seu respectivo DNL) sobre os receptores críticos selecionados e a obtenção das suas respectivas curvas de ruído</i>	110
7.5 <i>Exportar os dados obtidos no INM para uma ferramenta SIG (TransCAD 5.0) ...</i>	113
7.6 <i>Quantificar o número de pessoas incomodadas dentro da curva de ruído</i>	116
7.7 <i>Aplicação de uma APR nos aeroportos escolhidos</i>	119
7.8 <i>Elaboração de uma planilha APR</i>	120
7.8.1 <i>Cabeçalho</i>	121
7.8.2 <i>Corpo Técnico</i>	121
7.8.2.1 <i>Perigo (Intensidade) – (1)</i>	122
7.8.2.2 <i>Causas – (2)</i>	124

7.8.2.3 <i>Modos de detecção</i> – (3)	124
7.8.2.4 <i>Consequência</i> – (4)	125
7.8.2.5 <i>Frequência</i> – (5)	126
7.8.2.6 <i>Severidade</i> – (6)	127
7.8.2.7 <i>Risco</i> – (7)	128
7.8.2.8 <i>Recomendações / Medidas mitigadoras</i> – (8)	129

CAPÍTULO 8

OS AEROPORTOS SELECIONADOS	130
8.1 <i>O aeroporto de Congonhas</i>	130
8.1.1 Perfis históricos do aeroporto de Congonhas e as características do seu entorno	131
8.1.2 Características físicas e operacionais do aeroporto	137
8.1.3 Plano de zoneamento de ruído em vigência	139
8.2 <i>O aeroporto de Recife</i>	141
8.2.1 Perfis históricos do aeroporto de Recife e as características do seu entorno	142
8.2.2 Características físicas e operacionais do aeroporto	145
8.2.3 Plano de zoneamento de ruído em vigência	146

CAPÍTULO 9

ESTUDO DE CASO	148
9.1 <i>Aeroporto de Congonhas</i>	148
9.1.1 Elaboração de uma planilha de APR para receptores críticos	149
9.2 <i>Aeroporto de Recife</i>	160
9.2.1 Elaboração de uma planilha de APR para receptores críticos	161
9.2.2 Analogia com a curva LAeqN 45dB(A)	167
9.3 <i>Medidas de mitigação - Caso Brasileiro</i>	169
9.3.1 Monitoramento do ruído em aeroportos brasileiros	170
9.3.2 Isolamento acústico dos receptores críticos situados em zona de risco	171

9.3.3 Adoção ou sugestão de medidas de abordagem equilibrada para os receptores críticos selecionados	173
---	-----

CAPÍTULO 10

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES FINAIS	174
--	------------

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	179
---	------------

APÊNDICE A – ABNT NBR 10151 – Procedimentos de Medição	192
---	------------

<i>A.1 Condições gerais.....</i>	<i>192</i>
----------------------------------	------------

<i>A.2 Medições no exterior de edificações</i>	<i>192</i>
--	------------

<i>A.3 Medições no interior de edificações.....</i>	<i>193</i>
---	------------

<i>A.4 ABNT NBR 10151 - Avaliação.....</i>	<i>193</i>
--	------------

APÊNDICE B – Modelo Integrado de Ruído – INM.....	195
--	------------

<i>B.1 Apresentação do INM 7.0</i>	<i>195</i>
--	------------

<i>B.2 Descrição do modelo</i>	<i>200</i>
--------------------------------------	------------

<i>B.3 Da aplicação do INM 7.0</i>	<i>201</i>
--	------------

APÊNDICE C – Sistema de Informações Geográficas – SIG	203
--	------------

<i>C.1 O Sistema de Informação Geográfica como ferramenta de auxílio à quantificação de impacto sonoro de aeroportos</i>	<i>203</i>
--	------------

<i>C.2 O que é um SIG?</i>	<i>203</i>
----------------------------------	------------

<i>C.3 Tipos de dados do SIG.....</i>	<i>204</i>
---------------------------------------	------------

APÊNDICE D – Filtros de Ponderação	206
---	------------

APÊNDICE E – Aplicação da Abordagem Equilibrada.....	208
---	------------

<i>E.1 Operações com aeronaves mais modernas</i>	<i>208</i>
--	------------

<i>E.2 Restrições à operação de aeroportos</i>	<i>208</i>
--	------------

<i>E.3 Planejamento e gestão do uso do solo.....</i>	<i>209</i>
--	------------

E.4 <i>Procedimentos operacionais</i>	209
APÊNDICE F – Isolamento Acústico	210
F.1 <i>Isolamento acústico das fachadas como sugestão de medidas de mitigação de ruído nos receptores críticos selecionados</i>	210
F.1.1 Nível de pressão sonora e frequência	210
F.1.2 Norma ABNT NBR 15575	212
F.1.3 Isolamento acústico dos receptores críticos.....	213
F.1.3.1 <i>Ruído externo</i>	215
ANEXO A	216
Anexo LXXXIX à Portaria 629 / GM5.....	216
ANEXO B	217
Resolução CONAMA nº1	217
ANEXO C	219
Resolução CONAMA nº2	219
ANEXO D	221
Anexo I à Portaria 232 / DGAC	221

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – Fontes de ruído em uma aeronave a hélice.....	08
FIGURA 2.2 – Fontes de ruído em uma aeronave a jato	09
FIGURA 2.3 – Total da população mundial exposta ao nível de ruído aeronáutico superior ao DNL 55dB(A).....	12
FIGURA 2.4 – Projeção em níveis de ruído na decolagem de aeronaves	15
FIGURA 2.5 – Redução dos níveis de ruído nas aeronaves à jato	22
FIGURA 4.1 – Curvas de ruído do AIRJ	54
FIGURA 4.2 – Modelo de PBZR	57
FIGURA 4.3 – Imagem de satélite de uma das cabeceiras do aeroporto de Congonhas	65
FIGURA 5.1 – Relação de pessoas altamente incomodadas e o DNL	71
FIGURA 6.1 – Relação frequência x severidade com o cenário acidental	92
FIGURA 6.2 – Etapas genéricas de uma análise de riscos	93
FIGURA 7.1 – Passos para a aplicação das ferramentas propostas por esta Tese	106
FIGURA 7.2 – Receptor crítico escola - Colégio Paulicéia (SP)	110
FIGURA 7.3 – Página da HOTRAN fornece os voos autorizados vigentes	111
FIGURA 7.4 – Página da AISWEB fornece as cartas de voos vigentes	111
FIGURA 7.5 – Resultado final de uma simulação de curva de ruído no aeroporto de Congonhas no INM.....	112
FIGURA 7.6 – Curvas de ruído de DNL 53dB(A), LAeqD 50dB(A) e LAeqN 45dB(A)	112
FIGURA 7.7 – Resultado final de uma simulação de curva de ruído DNL 65dB(A) no aeroporto de Congonhas no TransCAD	115
FIGURA 7.8 – Resultado final de uma simulação de curva de ruído DNL 65dB(A) e DNL 53dB(A) no aeroporto de Congonhas no TransCAD e seus referidos receptores críticos	115
FIGURA 7.9 – Informações fornecidas por tabelas no mapa de setores censitários do aeroporto de Congonhas no TransCAD	117
FIGURA 7.10 – Informações fornecidas por tabelas no mapa de setores censitários do aeroporto de Congonhas no TransCAD, curva DNL 53dB(A) / São Paulo.....	118

FIGURA 7.11 – Informações fornecidas por tabelas no mapa de setores censitários do aeroporto de Congonhas no TransCAD, curva DNL 53dB(A) / Diadema	118
FIGURA 7.12 – Ilustração de uma planilha APR	120
FIGURA 7.13 – Níveis de ruído na matriz de classificação de riscos.....	122
FIGURA 7.14 – Intensidade correlacionando-se com a OMS e a RBAC 161	123
FIGURA 7.15 – Consequências são derivadas das recomendações da OMS.....	125
FIGURA 7.16 – Classe de frequência.....	126
FIGURA 7.17 – Classe de frequência é uma relação entre intensidade e causas.....	126
FIGURA 7.18 – Classe de severidade	127
FIGURA 7.19 – Classe de severidade é uma relação entre intensidade e consequência	127
FIGURA 7.20 – Classificação do risco.....	128
FIGURA 8.1 – Aeroporto de Congonhas SBSP.....	130
FIGURA 8.2 – Aeroporto de Congonhas (1936).....	132
FIGURA 8.3 – Aeroporto de Congonhas SBSP.....	132
FIGURA 8.4 – Aeroporto de Congonhas SBSP.....	134
FIGURA 8.5 – Aeroporto de Congonhas – visão da cabeceira 35.....	135
FIGURA 8.6 – Aeroporto de Congonhas – visão da cabeceira 17.....	135
FIGURA 8.7 – Aeroporto de Congonhas SBSP - Decolagem	137
FIGURA 8.8 – Modelo de PEZR atual do aeroporto de Congonhas.....	140
FIGURA 8.9 – Aeroporto de Recife SBRF.....	141
FIGURA 8.10 – Pista de pouso do campo de Ibura.....	143
FIGURA 8.11 – Aeroporto de Recife	144
FIGURA 8.12 – Galpões e habitações de baixa renda instalados na zona de aproximação do aeroporto de Recife	144
FIGURA 8.13 – Área específica onde se localiza a área da comunidade Beira do Rio afetada pelo ruído aeronáutico.....	145
FIGURA 8.14 – Modelo de PEZR atual do aeroporto de Recife	147
FIGURA 9.1 – Resumo em cronograma mostrando a compatibilidade da ferramenta proposta.....	148
FIGURA 9.2 – Imagem de satélite da Paróquia Santuário São Judas Tadeu e as respectivas curvas de controle	149

FIGURA 9.3 – Relação Frequência x Severidade do receptor crítico Paróquia Santuário São Judas Tadeu	150
FIGURA 9.4 – Relação Usos Públicos x Nível de ruído para obtenção da RR necessária para o receptor crítico Paróquia Santuário São Judas Tadeu	151
FIGURA 9.5 – Relação Usos Públicos x Nível de ruído para obtenção da RR necessária para o receptor crítico Paróquia Santuário São Judas Tadeu	153
FIGURA 9.6 – Nível interno de ruído aceitável para uma igreja na NBR 10152	154
FIGURA 9.7 – Imagem de satélite do Colégio Paulicéia e as respectivas curvas de controle.....	154
FIGURA 9.8 – Relação Frequência x Severidade do receptor crítico Colégio Paulicéia	156
FIGURA 9.9 – Relação Usos Públicos x Nível de ruído para obtenção da RR necessária para o receptor crítico Colégio Paulicéia	156
FIGURA 9.10 – Nível interno de ruído aceitável para uma biblioteca na NBR 10152	158
FIGURA 9.11 – Imagem de satélite da creche Baronesa e as respectivas curvas de controle.....	158
FIGURA 9.12 – Resumo em cronograma mostrando a compatibilidade da ferramenta proposta.....	161
FIGURA 9.13 – Imagem de satélite da escola João Paulo II e as respectivas curvas de controle.....	161
FIGURA 9.14 – Relação Frequência x Severidade do receptor crítico Escola João Paulo II	162
FIGURA 9.15 – Relação Usos Públicos x Nível de ruído para obtenção da RR necessária para o receptor crítico Escola João Paulo II	163
FIGURA 9.16 – Nível interno de ruído aceitável para uma biblioteca na NBR 10152	164
FIGURA 9.17 – Imagem de satélite da escola Geração do Futuro e as respectivas curvas de controle	164
FIGURA 9.18 – Relação Frequência x Severidade do receptor crítico escola Geração do Futuro	165

FIGURA 9.19 – Relação Usos Públicos x Nível de ruído para obtenção da RR necessária para o receptor crítico escola Geração do Futuro	166
FIGURA 9.20 – Nível interno de ruído aceitável para uma biblioteca na NBR 10152	166
FIGURA 9.21 – Curvas de ruído de DNL 53dB(A) e LAeqN 45dB(A)	167
FIGURA 9.22 – Curvas de ruído de DNL 53dB(A) e LAeqN 45dB(A)	168
FIGURA 9.23 – Favela do Vietnã, Jabaquara, SP.....	170

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 2.1 – Tabela de impactos de ruídos na saúde	13
TABELA 2.2 – Tempo de reverberação em salas de aula segundo decreto Francês	18
TABELA 2.3 – Níveis máximos de ruído de fundo e TR máximo em salas mobiliadas e desocupadas.....	19
TABELA 2.4 - Percentual de população altamente incomodada para diversas agências ambientais.....	21
TABELA 4.1 – Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas por PBZR ...	58
TABELA 4.2 – Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas por PEZR....	59
TABELA 5.1 – Processo de adição Logarítmica de DNLs.....	72
TABELA 5.2 – Nível Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(A)	81
TABELA 5.3 – Valores do DNL a partir da equação 5.14 / Tabela 5-2, em dB(A)	85
TABELA 5.4 – Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas pela curva DNL 53dB	86
TABELA 6.1 – Planilha de Análise Preliminar de Riscos.....	98
TABELA 6.2 – Classe de frequência.....	99
TABELA 6.3 – Classe de severidade / Consequências ambientais.....	100
TABELA 6.4 – Categorias de Riscos X Nível de controle necessário	101
TABELA 6.5 – Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas pela categoria de risco Moderado	102
TABELA 6.6 – Níveis internos de ruído segundo a NBR 10152.	103
TABELA 6.7 – Matriz de classificação de riscos.	104
TABELA 7.1 – Grupo 1 – Aeroportos Brasileiros	107
TABELA 7.2 – Receptores críticos escolhidos dentre escolas e hospitais para o aeroporto de Congonhas.....	109
TABELA 7.3 – Receptores críticos escolhidos dentre escolas e hospitais para o aeroporto de Recife	109
TABELA 7.4 – Valores do LAeqD, LAeqN e DNL dos receptores críticos escolhidos para o aeroporto de Congonhas	114
TABELA 7.5 – Valores do LAeqN e DNL dos receptores críticos escolhidos para o aeroporto de Recife	114

TABELA 7.6 – Relação área <i>versus</i> população estimada em relação aos valores do DNL em dB(A) no aeroporto de Congonhas	119
TABELA 8.1 – Dados da infraestrutura aeroportuária de Congonhas	138
TABELA 8.2 – Dados da infraestrutura aeroportuária de Recife	146
TABELA 9.1 – Planilha de Análise Preliminar de Riscos para áreas sobre influências de aeroportos	150
TABELA 9.2 – Tabela de níveis de ruído por hora SBSP – relação entre métricas. ..	152
TABELA 9.3 – Planilha de Análise Preliminar de Riscos para áreas sobre influências de aeroportos.	153
TABELA 9.4 – Planilha de Análise Preliminar de Riscos para áreas sobre influências de aeroportos	155
TABELA 9.5 – Tabela de níveis de ruído por hora SBSP – relação entre métricas. ..	157
TABELA 9.6 – Planilha de Análise Preliminar de Riscos para áreas sobre influências de aeroportos	159
TABELA 9.7 – Tabela de níveis de ruído por hora SBSP – relação entre métricas. ..	160
TABELA 9.8 – Planilha de Análise Preliminar de Riscos para áreas sobre influências de aeroportos	162
TABELA 9.9 – Planilha de Análise Preliminar de Riscos para áreas sobre influências de aeroportos	165
TABELA 9.10 – Resultados obtidos para a curva DNL = 53 dB(A)	168
TABELA 9.11 – Resultados obtidos para a curva LAEQN = 45dB(A)	168
TABELA 10.1 – Estudos de casos propostos por esta Tese para o aeroporto de Congonhas.	177

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AEM - *Area Equivalent Method*

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

APM - *Airport Planning Manual*

CAEP - *Committee on Aviation Environmental Protection*

CAN - *Committee on Aircraft Noise*

CEAC – *Conférence européenne de l’aviation civile*

DAC – Departamento de Aviação Civil

DGAC – Departamento Geral de Aviação Civil

DNL – *Day-Night Level*

ECAC – *European Civil Aviation Conference*

EPA - *Environmental Protection Agency*

EPN - *Effective Perceived Noise*

FAA – *Federal Aviation Administration*

FICAN – *Federal Interagency Committee on Aviation Noise*

FICON – *Federal Interagency Committee on Noise*

HAP – Pessoas Altamente Incomodadas

IAC – Instituto de Aviação Civil

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICAO – *International Civil Aviation Organization*

ICCAIA - *International Coordinating Council of Aerospace Industries Associations*

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

INM – *Integrated Noise Model*

IPR – Índice Ponderado de Ruído

ISO – *International Organization for Standardization*

L_{Aeq} – Nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A”

L_{AeqD} - L_{Aeq} para o período diurno

L_{AeqN} - L_{Aeq} para o período noturno

MTOM - *Maximum Take-Off Mass*

NNC – *Non Noise Certificated*

NPD - *Noise vs. Power vs. Distance*

NPS – Nível de Pressão Sonora

NUI - *National University of Ireland*

OACI – Organização da Aviação Civil Internacional

PEZR – Plano Específico de Zoneamento de Ruído

SAE - *Society of Automotive Engineers*

SEL – Nível de Exposição Sonora

TGO - *touch and go*

CAPÍTULO 1

Introdução

O ruído aeroportuário decorrente da movimentação das aeronaves é um dos principais geradores de impacto ambiental sonoro no entorno dos aeroportos. Esse ruído interfere de forma direta na qualidade de vida, mais especificamente, na saúde das pessoas expostas a ele. A dificuldade de comunicação durante o dia e a interferência no sono durante o período noturno, causados por essa forma de ruído, trazem vários transtornos para a vida cotidiana das pessoas expostas.

Com o crescimento da economia e do turismo mundial, a demanda em transporte aéreo vem aumentando de forma acelerada, assim como a poluição sonora gerada pela operação de aeronaves no entorno das comunidades vizinhas dos aeroportos.

1.1 A Dimensão ambiental do ruído do transporte aéreo.

A dimensão ambiental do ruído do transporte aéreo conecta-se com a perspectiva de avaliar os impactos que a atividade da aviação civil e os aeroportos causam nas comunidades. Ela se baseia nos aspectos da preservação e conservação do meio-ambiente e da prevenção à poluição, observando-se as responsabilidades dos entes públicos e as expectativas de gerenciamento destes fatores.

DEMPSEY (1999, p. 245) descreve que o transporte aéreo tem sido apontado como um dos mais sérios vilões ambientais, principalmente, pela utilização de combustíveis não renováveis e pela poluição sonora.

Ao reconhecer a relevância dos impactos, a ICAO – *International Civil Aviation Organization*, organismo internacional pertencente à ONU – Organização das Nações Unidas, declara que seus países signatários, de posse de suas responsabilidades, devem esforçar-se para limitar ou reduzir:

- o número de pessoas afetadas significativamente pelo ruído aeronáutico;

- o impacto das emissões da aviação na qualidade local do ar e das emissões de gás de efeito estufa no clima global.

O Conselho Internacional de Aeroportos entendeu que, embora haja esforços e avanços na aviação nas últimas décadas, insurge a necessidade de possuir uma função ativa na promoção do desenvolvimento do meio ambiente, porque a opinião pública não toleraria a inércia dos órgãos de aviação a respeito das mudanças climáticas. Esse conselho adotou as seguintes linhas na orientação dos aeroportos:

- Minimizar ou mitigar os efeitos adversos das poluições sonora e do ar decorrentes das aeronaves sobre as pessoas e os impactos da aviação na mudança do clima global;

- Promover a sustentabilidade incentivando a melhora da performance ambiental durante o desenvolvimento e a operação aeroportuária, a prevenção ambiental, o treinamento e a troca de experiências entre os aeroportos mundiais, e o entendimento, a cooperação e a colaboração entre os tomadores de decisões (ACI, 2009).

1.2 Escopo e contribuição da Tese.

No Brasil, no caso do ruído aeronáutico, a emissão de ruídos produzidos por aeronaves obedece às normas expedidas pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) por meio do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil (RBAC 161).

Já quanto ao ruído urbano, o que prevalece são as normas NBR 10151/2000 e NBR 10152/1987, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Essas normas auxiliam na avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade.

O regulamento brasileiro RBAC 161 baseia-se no relatório *FAR Part 150* dos EUA¹. Ao tomar como base a métrica DNL² são criadas curvas de ruído capazes de definir as zonas de ruído, uma espécie de zonas de exclusão para determinados usos específicos, como por exemplo, o uso residencial. Segundo esses planos de zoneamento

¹ Estados Unidos da América

² *Day-Night Level*

da ANAC, o DNL 65dB(A) seria o limite para a implantação de áreas residenciais, de escolas e de hospitais.

O grande problema na utilização da métrica DNL remete-se ao fato de não ser confiável para grandes distâncias, além de não mensurar o ruído individual que cada pessoa experimenta em relação ao ruído aeronáutico (SLAMA, 2006). Em outras palavras, de acordo com o nível de pressão sonora, cada pessoa tem um nível de desconforto em relação ao ruído aeronáutico.

Já a NBR 10151 e a NBR 10152, normas amplamente utilizadas pelas prefeituras brasileiras, além de serem de fácil entendimento para o público, são as que mais se aproximam das recomendações da Organização Mundial da Saúde em relação ao ruído urbano.

Em muitos lugares do mundo é comum a utilização de métricas complementares para auxiliar os governos na elaboração de normas e de regulamentos sobre o ruído. No Brasil ainda existe muita resistência à adoção de métricas complementares, visto que a ANAC desconsidera outro tipo de métrica que não seja o DNL. Este assunto será visto com maiores detalhes no decorrer desta Tese.

Esta Tese propõe uma técnica para identificar os níveis sonoros mais críticos nas imediações dos principais aeroportos brasileiros que apresentam sérios riscos ambientais decorrentes do ruído de aeronaves. Ela propõe, também, um inédito estudo da aplicação de uma Análise Preliminar de Riscos (APR) sobre receptores críticos ao redor dos aeroportos brasileiros, atualizando-se a tabela de usos compatíveis e incompatíveis para um Plano Específico de Zoneamento de Ruído (PEZR) da RBAC 161, e definindo-se novos valores de redução de ruído para receptores críticos e áreas ao redor dos aeroportos.

Além disso, esta Tese analisa a importância do uso de métricas complementares ao DNL, como o LAeq, sugerindo a criação de uma curva complementar baseada na norma NBR 10151. Com o intuito de proporcionar às prefeituras informações mais fidedignas e, conseqüentemente, medidas mais eficazes de mitigação do ruído aeronáutico para a diminuição do quantitativo de pessoas incomodadas ao redor dos aeroportos.

1.3 Estrutura da Tese.

O Capítulo 2 se concentra em explicar alguns conceitos e características do ruído aeronáutico, abordando as principais fontes de ruído relacionadas a ele. Ele mostra de maneira sucinta o impacto ambiental dessa forma de ruído sobre as pessoas. Nesse capítulo discorre-se a respeito da sensibilidade humana ao ruído em que são abordados os efeitos adversos do ruído na saúde humana. Dentre eles, destacam-se os três principais causados pela emissão sonora das aeronaves: interferência na comunicação, distúrbios do sono e incômodo sonoro. É citado também, o impacto negativo na aprendizagem de crianças. Ainda no mesmo capítulo, apresentam-se algumas diretrizes fornecidas pela OACI³ para o controle do ruído aeronáutico, as quais são conjuntamente intituladas de “Abordagem Equilibrada”.

O Capítulo 3 se inicia apresentando a legislação brasileira sobre o ruído e a ISO 1996, abordando entre outros: a Constituição Federal, as Resoluções CONAMA, o estatuto da cidade, o estudo de impacto de vizinhança, as legislações estaduais, as legislações municipais e uma breve explanação da norma ISO 1996.

O Capítulo 4 faz uma referência à dimensão espacial do aeroporto desde o processo de licenciamento e regularização até a implementação de planos de zoneamento de ruído nos aeroportos. É importante salientar que, no caso brasileiro, observa-se a presença significativa de pessoas ao redor dos aeroportos, como alguns empreendedores e outros menos favorecidos economicamente em busca de oportunidades, para aproveitar a infraestrutura instalada na região. Esse capítulo destaca, também, os instrumentos específicos para o controle do ruído aeronáutico no território brasileiro, concentrando-se na RBAC⁴ 161 que surgiu em substituição a Portaria 1141, que institui o Plano de Zoneamento de Ruído dos aeroportos como meio de restrição à ocupação incompatível com o ruído aeronáutico na periferia destes.

No Capítulo 5 começa a ser apresentado o objetivo da Tese, destacando-se o DNL e as métricas complementares. Primeiramente, estudam-se as possíveis métricas complementares que poderiam auxiliar as prefeituras no que diz respeito ao ruído aeronáutico. É proposta uma nova curva de auxílio ao DNL 65dB(A) baseada em parâmetros compatíveis com as condições para o conforto acústico nas cidades. Ou seja,

³ Organização da Aviação Civil Internacional

⁴ Regulamentação Brasileira de Aviação Civil

com base nas diretrizes da NBR 10151, são apontadas as principais incompatibilidades entre a NBR 10151 e o plano de zoneamento de ruído (PZR), suas causas e as consequências dessas divergências para as cidades.

No Capítulo 6, sugere-se uma análise preliminar de riscos para corrigir anomalias observadas nas tabelas de redução de ruído propostas na RBAC 161, além de inserir a região entre a curva de auxílio proposta no capítulo anterior e o DNL 65dB(A), conforme as recomendações da OMS e as NBR 10151 e 10152.

O Capítulo 7 objetiva a aplicação dos métodos citados no entorno dos aeroportos de Congonhas e de Recife. Antes disso, são tratadas algumas questões relacionadas à aplicação da metodologia usada, citando: a utilização de informações por satélites, obtenção de dados dos aeroportos por fontes oficiais, uso de ferramentas eletrônicas para elaboração das curvas de ruído e tratamento delas, identificação do número de pessoas altamente incomodadas pelo ruído aeronáutico e possíveis medidas de mitigação. Esse capítulo destrincha a planilha APR, citada no capítulo anterior, explicando detalhadamente cada tópico inserido nela.

O Capítulo 8 mostra os aeroportos selecionados para este estudo, os aeroportos de Congonhas e de Recife, citando seus históricos e características físicas e operacionais, bem como os seus planos de zoneamento de ruído em vigência.

No Capítulo 9 foram aplicados todos os passos da metodologia tratados no Capítulo 7, agora tomando os aeroportos de Congonhas e de Recife por referências. Três estudos de caso foram criados para exemplificar as ferramentas sugeridas para o aeroporto de Congonhas e dois, para o aeroporto de Recife, fazendo-se uma analogia destas com as métricas LAeqD e LAeqN, o RBAC 161 e as NBR 10151 e 10152. Ao final foram sugeridas as possíveis medidas de mitigação que poderiam ser utilizadas no caso brasileiro.

O último capítulo apresenta algumas conclusões relacionadas aos possíveis benefícios da aplicação das ferramentas propostas por essa Tese no entorno dos aeroportos e também aponta algumas sugestões para os tomadores de decisão que poderiam ser aperfeiçoadas em futuros estudos.

CAPÍTULO 2

Ruído Aeroportuário

O ruído é definido como sendo um som indesejável, isto é, um som que incomoda de alguma forma o bem-estar psicológico e que pode, dependendo de sua intensidade, causar danos fisiológicos irreversíveis (ELLER, 2000). Som, de acordo com BRUEL & KJAER (2001, apud VALIM, 2006), pode ser definido como qualquer variação de pressão atmosférica que as pessoas possam detectar.

Já o ruído aeroportuário, por sua vez, é todo o ruído que emana das operações de aeronaves ao redor dos aeroportos e dos equipamentos de apoio em solo. Este tipo de ruído depende dos seguintes fatores: os tipos de aeronaves que usam o aeroporto, o número total de decolagens e de aterrissagens diárias, as condições operacionais gerais, o tempo do dia quando as operações de aeronaves ocorrem, as pistas que são usadas, as condições meteorológicas, a topografia e os procedimentos de voos específicos dos aeroportos. O efeito do ruído causado pela operação de aeronaves é subjetivo e pode depender de um número de fatores relacionados a cada pessoa, tais como: cultural, socioeconômico, psicológico e situações físicas, variando desde ‘nenhum incômodo’ a ‘incômodo severo’.

Conforme o trecho de uma reportagem do jornal “O GLOBO”, que abordou um estudo sobre os efeitos do ruído nas pessoas que vivem nas proximidades de um aeroporto movimentado ou sob as rotas das aeronaves que utilizam os serviços destes conduzido por Lars Jarup, pesquisador ambiental do *Imperial College* de Londres, é que a maioria das pessoas que vivem nessas condições por pelo menos cinco anos possui grandes chances de desenvolver hipertensão crônica.

Segundo o mesmo estudo, um aumento de 10 decibéis no ruído noturno eleva em 14% o risco de hipertensão em homens e mulheres. Dos quase 5.000 pesquisados, um grupo de 140 teve a sua pressão sanguínea monitorada de forma remota, enquanto um gravador digital identificava a fonte. Ainda que o nível de ruído tivesse sido o maior fator, o impacto do ruído aéreo foi o mais significativo: “Sabemos que o ruído do tráfego aéreo pode ser uma fonte de irritação, mas nossa pesquisa mostra que pode ser

também nociva à saúde das pessoas, o que é particularmente significativo à luz dos planos de ampliar os aeroportos internacionais", declara Jarup.

2.1 Caracterização das fontes de ruído.

O ruído derivado do transporte aéreo e das operações aeroportuárias tem sido assinalado, dentre as problemáticas relacionadas a um aeroporto, como a mais relevante, mas como alega Donald D. Engen, da FAA – *Federal Aviation Administration* – apud DEMPSEY (1999, p. 235): “O barulho é o som do comércio. Se você quer comércio, terá que suportar algum nível de ruído”.

Mais do que um nível de emissão sonora audível, o ruído da atividade da aviação civil deve ser estudado sob o prisma de seus efeitos na sociedade. Desse modo manifesta-se SCATOLINI e ELLER (2008, p. 832):

“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 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. [...] O foco da análise são os efeitos indiretos do impacto sonoro sobre as comunidades no entorno do aeroporto.”

Com base nos dados fornecidos pela IATA⁵ (2004, p.2), constata-se que os maiores níveis de emissão do ruído do transporte aéreo ocorrem:

- Tanto na aterrissagem e na decolagem de aeronaves, quanto na realização de serviços auxiliares e de manutenção delas;
- Durante o provimento de energia pelo APU (*Auxiliary Power Unit* - equipamento independente e auxiliar de geração de eletricidade e de energia pneumática movida a Querosene de Aviação (QAV), que tem a função de fornecer energia às aeronaves para a execução de atividades de seus sistemas elétricos e eletrônicos e dar a partida nos motores principais, que se manteriam desligados);
- Fornecimento de energia no solo pelo GPU (*Ground Power Unit* - equipamento móvel, independente e terrestre para prover energia às aeronaves quando

⁵ *International Air Transport Association*

estacionadas nos aeroportos, seja pelo fato da aeronave não possuir APU ou por alguma restrição imposta);

- No manuseio de equipamentos de apoio em solo, em geral;
- Em obras quanto à infraestrutura dos aeroportos, dentre outras.

No sítio aeroportuário, segundo VALIM (2006, p. 272-3), também se destacam como ruídos de grande potencial de emissão sonora e de difícil mitigação os testes de motores e os procedimentos de reversão de motores de pouso e de empuxo inicial na decolagem de aeronaves.

2.1.1 Principais fontes sonoras

Como já foi dito, a aeronave é a maior fonte de ruído de um aeroporto, porém ela em si mesma contém várias fontes produtoras de ruído, tais como: a turbulência na fuselagem, a turbulência nas pás (em aeronaves a hélice), as superfícies defletoras, o ruído aerodinâmico gerado, principalmente, no pouso etc., como podem ser vistas nas Figuras 2-1 e 2-2. O motor do avião é o que gera ruído de maior intensidade, principalmente na decolagem.

É importante ressaltar que as aeronaves com motor à hélice são menos ruidosas do que aquelas com motor a jato. Todavia tanto para uma como para a outra, o motor representa a maior fonte de ruído e, conseqüentemente, mascara o ruído oriundo dos demais itens.

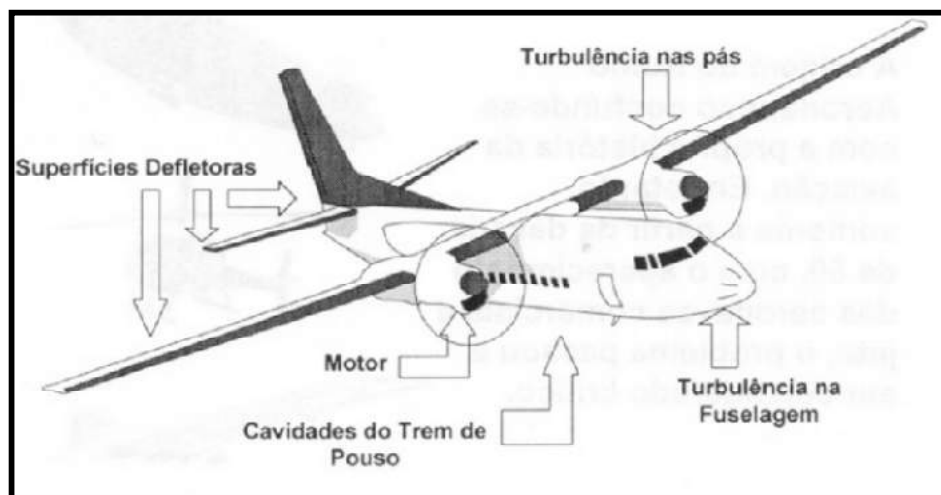


Figura 2-1 - Fontes de ruído em uma aeronave a hélice. **FONTE:** ANAC (2009)

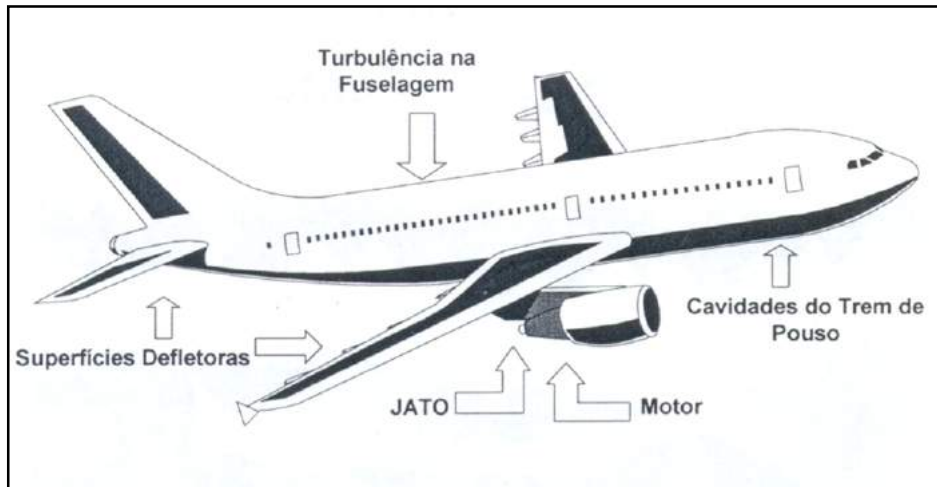


Figura 2-2 - Fontes de ruído em uma aeronave a jato. **FONTE:** ANAC (2009)

2.1.2 Evolução dos motores e seu reflexo na produção de ruído

A partir da década de 50, com o surgimento da aviação civil, o ruído aeronáutico passou a afetar a população de maneira mais ostensiva, tornando-se um incômodo para as vizinhanças dos aeroportos. Desde então, os motores dos aviões, em especial motores a jato, experimentaram uma grande evolução no que diz respeito à geração de ruído.

O ruído gerado pelo motor está diretamente relacionado à sua taxa de *BY-PASS*, que é a razão entre a quantidade de ar que passa por fora da câmara de combustão do motor e a quantidade de ar que passa por dentro dela. Em outras palavras, quanto maior for a massa de ar frio em relação à massa de ar quente expelido pelo motor, menor será o ruído. Levando em conta a taxa de *BY-PASS*, os motores a jato são divididos em quatro gerações:

- ✓ 1ª geração de motores - a taxa *BY-PASS* é nula. Isto é, todo o ar expelido pelo motor passa por dentro da câmara de combustão que, ao ser expelido em altas temperaturas, entra em choque com o ar frio, causando um forte ruído.

- ✓ 2ª geração de motores – duas partes de ar passam por fora da câmara de combustão e apenas uma por dentro, reduzindo o ruído gerado.

✓ 3ª geração de motores – seis a oito partes de ar passam por fora da câmara e uma, por dentro, tendo alta taxa de *BY-PASS* e proporcionando uma redução de ruído de até 25dB em relação à primeira geração.

✓ 4ª geração de motores – São motores que evoluíram dos motores de 3ª geração. O tamanho relativo do compressor de baixa pressão foi aumentando até o ponto em que uma parte do ar admitido (se não a maior parte) contorna o motor passando ao redor da câmara de combustão. A maioria das aeronaves comerciais atuais possuem motores ‘*turbofan*’ de alta taxa de contorno ou derivação (*high-bypass ratio*). Eles são significativamente mais silenciosos e econômicos não produzindo aquela famosa fumaça preta de seus antecessores (DIRENG, 2012).

2.1.3 Classificação das aeronaves pela produção de ruído

A OACI, por intermédio do seu Anexo 16, classifica as aeronaves de acordo com o seu ruído, emitindo certificados de ruído de acordo com o nível medido em EPNL⁶ (dB), que consiste em um esquema de ponderação da frequência consideravelmente mais complicada que o filtro de ponderação A usado para determinar SEL⁷s.

Essas medidas incorporam uma penalidade para a presença de tons puros para contabilizar um maior incômodo das pessoas com as frequências simples, tais como: os tons que emanam do compressor dos motores de ‘*turbofan*’. Assim, embora os valores específicos devessem ser determinados pela análise computacional de um sinal, o EPNL tem sido adotado para certos usos especializados envolvendo o ruído de sobrevoos individuais.

Já as aeronaves são classificadas pela OACI (Organização de Aviação Civil Internacional), quanto sua emissão de ruído em quatro capítulos, de acordo com os motores com os quais estão equipadas (OACI, 2001), como segue abaixo:

⁶ *Effective Perceived Noise Level* – Nível de Ruído efetivamente perceptível

⁷ *Sound Exposure Level* – Nível de Exposição Sonora

- ✓ NNC (Nenhuma Certificação) – aeronaves fabricadas nas décadas de 50 e 60 equipadas com motores da 1ª geração, sendo extremamente ruidosas (NPS⁸ de aproximadamente 115dB). Ex.: B⁹-707, DC¹⁰-08, Caravelle, Concorde etc.;
- ✓ Capítulo 2 – aeronaves equipadas com a segunda geração de motores e fabricadas nas décadas de 70 e 80, sendo menos ruidosas (NPS de aproximadamente 100dB). Ex.: B-727-100, B-727-200, B-737-200 ADV, B-747-100, DC-09 etc.
- ✓ Capítulo 3 – aeronaves equipadas com a 3ª geração de motores e fabricadas a partir da década de 90, as quais são mais modernas e consideradas pouco ruidosas (NPS de aproximadamente 95dB). Ex.: F¹¹-100, B-737-300/400/500, B-747-300, DC-10/30, MD¹²-11, A¹³-340, A-300, B-777 etc.
- ✓ Capítulo 4 – aeronaves equipadas com a 4ª geração de motores e fabricadas a partir de 2006, permitindo-lhes evoluir e reduzir os índices de ruído dos aeroportos, simultâneos ao expressivo aumento do tráfego aéreo comercial desde a década de 50 aos dias atuais.

2.2 Ruído aeroportuário versus população atingida.

Segundo dados da OACI, em 1998 existiam cerca de 30 milhões de pessoas no mundo expostas a níveis elevados de ruído aeronáutico (DNL¹⁴ 55dB) e dessas, aproximadamente, 3,5 milhões estavam expostas a níveis elevadíssimos (DNL 65dB). Em 2004 o índice havia decrescido para 20 e 2,3 milhões, respectivamente. Contudo, em uma reunião do CAEP – *Committee on Aviation Environmental Protection*, pertencente à OACI, realizada em Montreal, em fevereiro/2007, foi previsto o crescimento destes números.

⁸ *Nível de Pressão Sonora*

⁹ *Boing*

¹⁰ *McDonnell Douglas*

¹¹ *Fokker*

¹² *McDonnell Douglas*

¹³ *Airbus*

¹⁴ *Day-Night Sound Level*

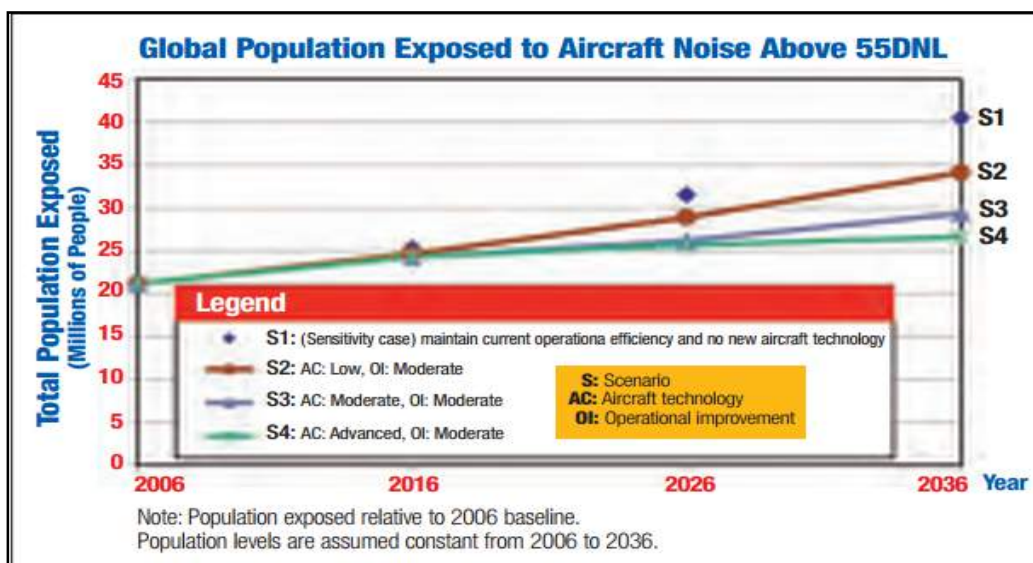


Figura 2-3 – Total da população mundial exposta ao nível de ruído aeronáutico superior ao DNL 55dB(A). **FONTE:** OACI (2010).

A Figura 2-3 mostra que, no nível de ruído DNL 55dB(A), o número de pessoas expostas ao ruído aeronáutico era de, aproximadamente, em 2006, 21,2 milhões de pessoas em todo o mundo. Estima-se que em 2036, a população total exposta a essa faixa de nível de ruído poderá variar de, dependendo dos cenários de melhorias operacionais (OI, ver Figura 2-3) ou de tecnologia de aeronaves (AC, ver Figura 2-3), 26,6 milhões a 34,1 milhões de pessoas, aproximadamente.

Entretanto, a IATA estima que o ruído provocado pelo transporte aéreo atinja apenas 7% do total da população prejudicada pelo ruído provocado pelos modais de transporte, sendo o rodoviário responsável por 80% dos atingidos e o ferroviário pelos demais. Além disso, deve-se considerar a necessidade de isolar os ruídos provenientes do cenário dos modais diretamente promovidos pela aviação. Ressalta-se ainda que, há muitas pesquisas vinculando distúrbios do sono, efeitos danosos à saúde, dificuldades de aprendizado e outros prejuízos à saúde pública dos moradores no entorno de aeroportos, que permanecem inconclusivas e até mesmo contraditórias. (IATA, 2008, p. 02).

2.3 Riscos à saúde.

Todos os ruídos que possam causar incômodo são enquadrados como poluição sonora. A noção de ruído pode variar de pessoa para pessoa, mas o organismo tem

limites físicos para suportá-lo. O ruído em excesso pode provocar surdez e desencadear outras doenças, tais como: pressão alta, disfunções do aparelho digestivo, insônia, irritação da pele e até mesmo impotência sexual. Os distúrbios psicológicos também podem ter origem no excesso de ruído (FERNANDES, 2002).

A Organização Mundial de Saúde estabelece 50dB(A), medidos em $L_{eq,den}$ (métrica de ruído adotada na Europa que será vista com maiores detalhes no Capítulo 5), como nível médio de ruído diário para uma pessoa viver bem (ver Tabela 2-1), situando os níveis noturnos (ao anoitecer e à noite) de 5 a 10dB(A) abaixo dos diurnos, de modo a garantir um ambiente sonoro equilibrado. Portanto, os ambientes onde o ruído esteja acima dos níveis recomendados necessitam de um isolamento acústico (FERNANDES, 2002).

TABELA 2-1 - Tabela de impactos de ruído na saúde.

VOLUME	REAÇÃO	EFEITOS NEGATIVOS	EXEMPLOS DE EXPOSIÇÃO
ATÉ 50dB	Confortável (Limite da OMS)	Nenhum	Rua sem Tráfego
ACIMA DE 50dB	Organismo começa a sofrer os impactos de ruído		
DE 55 a 65dB	A pessoa fica em estado de alerta, não relaxa.	Diminui o poder de concentração e prejudica a produtividade no trabalho intelectual.	Agências Bancárias / Escolas
DE 65 a 70dB (Início das epidemias de ruído)	O organismo reage para tentar se adequar ao ambiente, minando as defesas.	Aumenta o nível de cortisona no sangue, diminuindo a resistência imunológica. Induz a liberação de endorfina, tornando o organismo dependente. É por isso que muitas pessoas só conseguem dormir em locais silenciosos com o rádio ou a TV ligados. Aumenta a concentração de colesterol no sangue.	Bar ou restaurante lotado
ACIMA de 70dB	O organismo fica sujeito ao estresse degenerativo além de abalar a saúde mental.	Aumentam os riscos de enfarte, infecções e outras doenças sérias.	Praça de alimentação de shopping centers, ruas de tráfego intenso.

Fonte: OMS¹⁵/Adaptado (2012)

Obs.: O quadro mostra ruídos inseridos no cotidiano das pessoas. Os ruídos eventuais alcançam volumes mais altos. Um trio elétrico, por exemplo, chega facilmente a um NPS de 130dB(A), o que pode provocar perda auditiva induzida, temporária ou permanente.

¹⁵ Organização Mundial da Saúde

As diretrizes da Organização Mundial da Saúde juntamente com a *Organization for Economic Co-operation and Development* – OMS/OECD (apud VALIM, 2006) apontam que o nível de ruído ambiente de:

- ✓ Até 55dB(A) é aceitável segundo a OMS (para o ruído próximo do limite da área do aeroporto e durante o dia).

De acordo com a Tabela 2-1, a partir de 55dB(A) começa a acontecer o desconforto acústico. Ou seja, para qualquer situação ou atividade, o ruído passa a ser um agente de desconforto. Nessas condições as pessoas ficam em estado de alerta, diminuindo o poder de concentração e prejudicando a produtividade do trabalho.

- ✓ Entre 55 e 60dB(A) é esperado o registro de incômodo;
- ✓ Entre 60 e 65dB(A) o incômodo aumenta consideravelmente.

Uma exposição continuada a níveis de pressão sonora de 55 a 65dB(A) provoca irritação e prejuízos à comunicação e ao aprendizado, começando a produzir danos à saúde.

- ✓ Acima de 65dB(A) é esperada ocorrência de sintomas e sérios danos à saúde.

Acima de 65dB(A) há uma perda da inteligibilidade da linguagem e interferência no sono, o organismo humano começa a sofrer significativos efeitos negativos, como o aumento de colesterol no sangue. Acima de 70dB(A), as pessoas mais sensíveis podem ter sua saúde mental abalada, além de aumentar o risco de enfartes (OMS, 2012).

A perda da audição (Deficiência Auditiva), o efeito mais comum associado ao excesso de ruídos. Por exemplo, há uma perda de 30% da audição nas pessoas que usam aparelhos de mp3 *players* durante duas horas por dia, no período de dois anos, em níveis próximos de 80dB(A) (SANTOS, 1999).

Outros efeitos sobre a saúde também são notados nos locais ao redor dos aeroportos. KNIPSCHILD e OUDSHOORN (apud MUZET, 2001) relataram o aumento

na prescrição de remédios aos residentes ao redor dos grandes aeroportos. TARNOPOLSKY *et al.* (apud MUZET, 2001) registraram aumentos na admissão de pacientes em hospitais psiquiátricos. SANTOS (1999) afirma que as alterações neuropsíquicas, como ansiedade, insegurança e desconfiança, também podem ser associadas ao excesso de exposição ao ruído. BABISCH (2011) relata que estudos epidemiológicos sugerem um maior risco de doenças cardiovasculares, incluindo a hipertensão e o enfarte do miocárdio, em indivíduos cronicamente expostos a altos níveis de ruído.

A Figura 2-4 representa o alcance dos níveis de ruído produzidos em DNL durante o procedimento de decolagem de uma aeronave do tipo Boeing 707/DC8 e DC-10/Tristar no solo. É possível observar que o nível de pressão sonora pode ultrapassar bastante o nível tolerado e a partir do qual a OMS já considera como sendo esperados: a ocorrência de sintomas e sérios danos à saúde (acima de 65dB(A)).

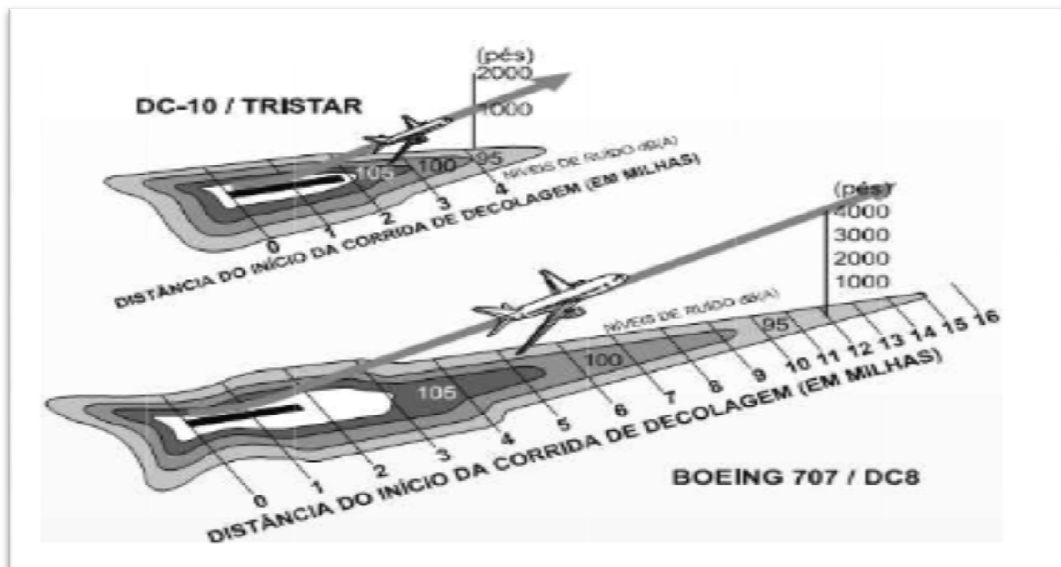


Figura 2-4 – Projeção em níveis de ruído na decolagem de aeronaves. FONTE: Scatolini (2006).

2.4 O ruído prejudica o aprendizado das crianças.

O aprendizado é uma das principais atividades na vida das pessoas e, mesmo não estando em ambientes destinados ao ensino, o processamento de novas informações a partir da interação com o meio faz com que o processo seja contínuo.

As características acústicas das construções, que tenham papéis sociais, podem determinar se elas cumprem ou não sua função básica. Para KNUDSEN e HARRIS (1988), no projeto arquitetônico de uma escola devem ser considerados aspectos relativos à seleção adequada do terreno, à implantação criteriosa do prédio no terreno e ao zoneamento dos ambientes em função dos requisitos sonoros.

As atividades desenvolvidas em ambientes escolares, principalmente no ensino fundamental e médio, são muito diferentes no que diz respeito à produção do ruído. As escolas possuem atividades que requerem silêncio e concentração, tais como: as salas de aulas e bibliotecas, dentre outras; assim como há atividades em que a agitação dos alunos provoca altos níveis sonoros, como aquelas realizadas em pátios e ginásios. Dessa forma, pode-se afirmar que o planejamento da localização de cada ambiente em função do requisito acústico é uma das principais estratégias para se alcançar a qualidade acústica de uma escola.

O planejamento dos ambientes deve, obrigatoriamente, levar em consideração também as fontes externas de ruído como ruas e avenidas com intenso tráfego de veículos. No caso do ruído proveniente do tráfego de veículos, o uso de barreiras acústicas pode ser uma solução eficiente.

Porém, para o ruído aeronáutico, segundo KNUDSEN e HARRIS (1988), não existem barreiras eficientes. Os autores ainda afirmam que as aeronaves não devem passar a uma distância inferior a, aproximadamente, 1220m de um prédio escolar. Hoje, já existem barreiras efetivas de ruído para os reversores de empuxo, que ajudam a frear a aeronave, e para o teste de motores de aeronaves.

As crianças e os idosos são considerados os mais vulneráveis aos efeitos do ruído de acordo com vários estudos realizados. No Brasil é comum que construções com papéis sociais fiquem dentro das zonas de ruído mais críticas do entorno dos aeroportos, contrariando legislações nacionais e municipais e que, geralmente, possuam características construtivas inadequadas aos níveis de exposição.

Para as crianças em idade escolar, características construtivas inadequadas podem comprometer o desempenho escolar, o qual é afetado diretamente pela falta de critérios de conforto acústico no projeto das edificações. Mais ao final desta Tese, no Capítulo 9, será apresentado o caso da creche Baronesa de Limeira, situada ao lado do aeroporto de Congonhas, o que coloca em risco a saúde das crianças.

CORDEIRO (1996) define a inteligibilidade da fala como a relação entre o número de sentenças, palavras ou sílabas entendidas e o número de sentenças, palavras ou sílabas faladas. Esta se encontra diretamente ligada às características e ao tipo de ocupação do espaço em estudo. Tais características podem ser discriminadas como: 1) volume da sala; 2) nível de ruído de fundo; 3) tempo de reverberação (intervalo de tempo necessário para que a energia volumétrica do campo sonoro de um recinto fechado se reduza a um milionésimo do seu valor inicial); 4) coeficiente de absorção sonora das superfícies em estudo; 5) distância e orientação entre quem fala e quem escuta.

BATISTA (1998) considera a inteligibilidade da fala como satisfatória quando 95% das sentenças são compreendidas. Ainda, de acordo com SEEP *et al.* (2002), em salas de aula onde a inteligibilidade da fala for inferior a 90%, devem ser implementados tratamentos acústicos, visando-se diminuir o tempo de reverberação e a melhora da relação sinal/ruído.

FIORINI (2002) comenta que no processo de aprendizagem a quantidade de informações fornecidas é muito grande, sendo a maior parte composta por assuntos novos para as crianças. Por esse motivo, o cuidado com a qualidade acústica do ambiente de forma a garantir uma recepção adequada torna-se bastante importante. Uma vez que a inteligibilidade passa a ser compreendida como o processo de recepção da fala por parte dos indivíduos. Além disso, podem ocorrer perdas dos conteúdos transmitidos em decorrência de vários fatores, dos quais se destaca a baixa taxa de sinal vinda do interlocutor.

As escolas, por privilegiarem a aprendizagem mediada pela comunicação oral e pela audição, têm por prioridade uma atenção especial à acústica desses espaços em conformidade com as funções dos edifícios escolares. Consequentemente, há preocupação quanto à redução do ruído existente e do tempo de reverberação, de forma a encontrar-se uma boa qualidade acústica no espaço sala de aula.

Estudos sobre essa temática demonstram que as crianças são mais susceptíveis a piores condições acústicas face aos adultos. Além de evidenciar a relação entre a inteligibilidade e o entendimento das crianças sob condições de níveis de ruído de fundo e tempos de reverberação, que são substancialmente inferiores às de um adulto. Elas conseguem desempenho similar apenas ao atingirem o final da adolescência. Provou-se

também que crianças com idade inferior a 13 anos são o grupo mais sensível a este tipo de situação. (FIORINI, 2002).

O tempo de reverberação no ambiente escolar deve adequar-se à função da sala, à frequência de interesse (para fala de 500 e 2000 Hz) e, principalmente, ao volume do mesmo.

No Brasil, a norma que estabelece tempos de reverberação para recintos fechados é a NBR 12179 (1992), que não menciona as salas de aula. Portanto, para direcionar os projetos de escolas quanto ao tempo de reverberação, outras normas devem ser seguidas.

A Organização Mundial de Saúde (OMS, 2001), baseada no Decreto Francês de 9 de janeiro de 1995, estabelece tempos de reverberação em escolas considerando as frequências de 500, 1000 e 2000 Hz para salas mobiliadas e desocupadas conforme apresentado na Tabela 2-2.

TABELA 2-2 – Tempo de reverberação em salas de aula segundo decreto Francês

Sala (mobiliada e desocupada)	Tempo de reverberação, seg. 500, 1000 e 2000 Hz
Salas de aula com volume < 250 m ³	0,4 < TR < 0,8
Salas de aula com volume > 250 m ³	0,6 < TR < 1,2

FONTE: OMS (2001)

A norma ANSI S12.60 (2002) é uma ferramenta auxiliar no desenvolvimento de projetos de escolas por tratar especificamente do conforto acústico no ambiente escolar. Segundo ROMAN (2003), as exigências, as orientações e os critérios dessa norma foram formatados para conseguir elevado grau de inteligibilidade nos espaços destinados à aprendizagem.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) propõe valores como tempos de reverberação e níveis de ruído de fundo em salas de aula, listados na Tabela 2-3, relacionando esses critérios de conforto acústico com o volume das salas de aula. A norma DIN 18041 – SCHALLSCHUTZ IN SCHULEN (controle de ruído em escolas) recomenda que salas de aula com boas condições acústicas devem ter de 4 a 5 m³ por aluno (LORO, 2003)

TABELA 2-3 – Níveis máximos de ruído de fundo e TR máximo em salas mobiliadas e desocupadas

Sala de aula	Ruído de fundo, Leq [dB(A)]	Tempo de reverberação, seg. 500, 1000 e 2000 Hz
Volume < 283 m ³	35	0,6
283 m ³ < Volume < 566 m ³	35	0,7

FONTE: Adaptado ANSI S12.60 (2002)

No Brasil, o assunto ainda é recente, com poucos estudos relativos ao ruído aeronáutico, sendo que alguns deles relacionam o ruído ambiente com o desempenho escolar das crianças (PAIXÃO, 1997; SANTOS, 1993; LOSSO, 2003).

BERTOLI *et al.* (1999) avaliaram a implantação de três creches em um conjunto habitacional em São Paulo situadas no cone de aproximação do Aeroporto Internacional de Guarulhos. E, mesmo tendo um grande fluxo de aeronaves, uma a cada 2 minutos, o ruído aeronáutico não é percebido em função do ambiente ruidoso da escola. Em todos os estudos foi ressaltada a deficiência de projeto das edificações.

Em outros países, a relação entre ruído aeronáutico e desempenho escolar tem sido muito estudada e vários pesquisadores apontam que o vocabulário utilizado por crianças que convivem em ambientes silenciosos é melhor. As crianças em condições silenciosas gostam mais de falar, são mais bem entendidas pelos outros e entendem o que os outros dizem.

Segundo GIFFORD (1998), a relação entre ruído e aprendizado é complexa e depende de fatores como: as propriedades do ruído em relação à continuidade e grau de intensidade; as características do aluno (sexo, motivação, personalidade, inteligência, autocontrole); a natureza da tarefa (leitura, recreação, avaliação, e a situação em relação à hora do dia).

O mesmo autor alerta que as crianças expostas ao ruído apresentam um rendimento escolar abaixo do normal e que a agressividade nos adolescentes, em ambientes barulhentos, pode ficar maior. De modo geral, ele afirma que o desempenho escolar do aluno fica comprometido pela interferência no processo de comunicação entre o professor e o aluno, causando distorções nas informações.

Por fim, o teórico ainda estabelece algumas relações entre ruído e aprendizado, com forte dependência de alguns fatores: o ruído em sala de aula prejudica mais as meninas que os meninos; quando a tarefa possui um grau de dificuldade maior, todos

são afetados; o autocontrole do aluno é afetado em função do aumento da pressão sanguínea.

2.5 Quantificação do número de incomodados através de índices de exposição ao ruído aeronáutico.

Do ponto de vista da engenharia, um índice é uma expressão matemática utilizada para representar uma situação complexa, variável no tempo e no espaço. Pode-se admitir que um índice acústico é a expressão de uma determinada situação. Assim sendo, uma ferramenta que permite medir e comparar a situação do ruído em diferentes locais, em diferentes momentos do dia ou do ano.

O índice é utilizado, no caso do ruído aeronáutico, para definir zonas ao redor dos aeroportos e diferentes setores urbanísticos, conciliando o uso do solo e a exploração dos aeródromos. Então, um índice pode permitir o controle da qualidade sonora ao redor dos aeroportos, levando-se em conta o evento diário da passagem de um avião ruidoso durante o dia, e ainda, em longo prazo, a evolução do ruído ano a ano. (VALLET, 1996).

SANCHO e SENCHERMES (1982), no caso da determinação do impacto do ruído aeronáutico em áreas vizinhas aos aeroportos, afirmam que é importante considerar o número de operações em um determinado período de tempo. Com base nisso, o conceito de ruído e número constitui a base de, praticamente, todos os índices de exposição ao ruído aeronáutico, representando um número de eventos em um determinado período de tempo. Os autores também esclarecem que, no caso do ruído aeronáutico, fala-se em índice de exposição e não em nível de ruído existente, o que é apenas um dos fatores que compõem o índice de exposição.

Segundo VALLET (1996), os índices devem possuir várias características, dentre as quais se destacam as seguintes:

- a) boa representação do incômodo, estabelecendo relações com as diferentes variáveis envolvidas. Por exemplo: diferença entre os períodos da manhã, tarde e noite;
- b) exatidão na descrição dos níveis de ruído e do período de referência;
- c) facilidade de emprego, tanto na medição como nos cálculos de previsão;

d) clareza de formulação, incluindo o tipo de medidas práticas que possam ser tomadas;

e) coerência regulamentar, sendo preferencialmente definido por uma norma nacional ou internacional;

f) facilidade de entendimento para comunicação entre os administradores, comunidades vizinhas e população em geral.

Nesta Tese, com o intuito de quantificar o número de pessoas incomodadas ao redor dos aeroportos, foram utilizados os dados censitários das regiões estudadas que são fornecidos pelo IBGE¹⁶ (2010) e pelo Ministério das Cidades (2010). Essas informações fornecem a identificação da área, seu respectivo código, o tamanho da área, o número de residentes e a densidade.

Para os cálculos das pessoas altamente incomodadas é utilizada a Tabela 2-4 a seguir, que apresenta a relação entre o nível de ruído na métrica DNL e os valores do percentual de população altamente incomodada, adotada pela maioria das agências internacionais, permitindo-se assim realizar uma quantificação do impacto ambiental sonoro.

Tabela 2-4– Percentual de população altamente incomodada para diversas agências ambientais.

Nível de Ruído	Agências/percentual de população altamente incomodada (%)		
	EPA¹⁷	OECD¹⁸	NRC¹⁹
DNL			
50	7,2	0	2,259
55	16,2	10	4,577
60	25,2	20	8,672
65	34,2	30	15,173
70	43,2	40	24,493
75	52,2	50	36,866

Fonte: GERA²⁰ (2008)

¹⁶Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

¹⁷ *Environmental Protection Agency*

¹⁸ *Organization for Economic Cooperation and Development*

¹⁹ *National Research Council*

2.6 Perspectivas para o futuro.

Os avanços tecnológicos trouxeram melhorias para a redução de ruídos nas aeronaves a jato:

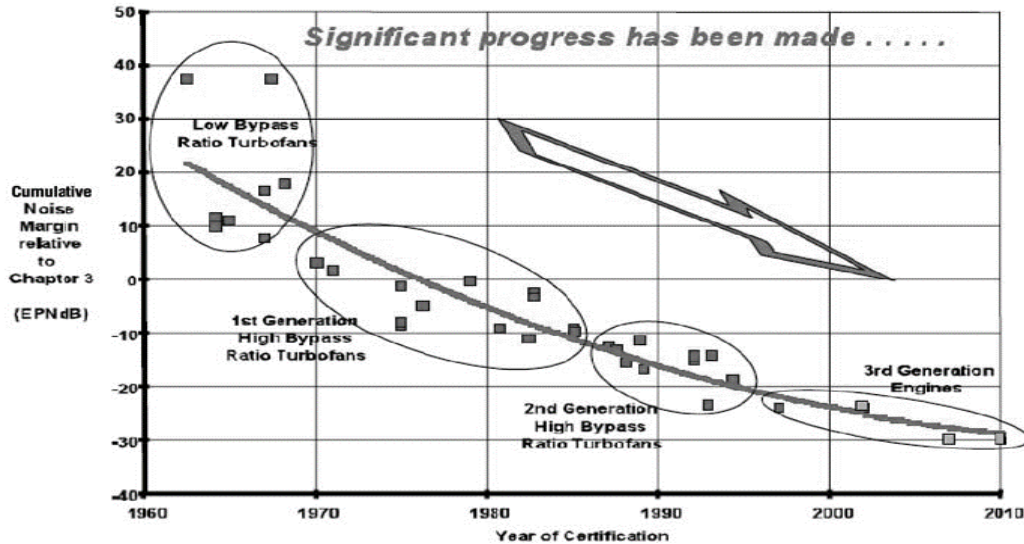


Figura 2-5 – Redução dos níveis de ruído nas aeronaves à jato. FONTE: OACI (2010).

A indústria da aviação avança em estudos tecnológicos para diminuir a emissão de ruído, tais como: a redução do ruído pelas turbinas, o redesenho da fuselagem por meios computacionais e à busca de novos conceitos. Entretanto, o desenvolvimento das novas tecnologias que reduzam as emissões de ruído deve levar em conta os aspectos de segurança, emissão de gases, gasto de combustível, custos operacionais, performance das aeronaves e demandas de mercado focados num programa de longo prazo, pois as aeronaves somente serão substituídas após o final de sua vida útil.

Segundo a IATA (2004, p. 21) leva de 15 a 20 anos do conceito inicial antes que as novas tecnologias sejam suficientemente amadurecidas para se tornarem sistemas que apresentem ganhos de eficiência efetiva.

Os governos têm avançado nos programas de pesquisas que envolvem o ruído. Vale ressaltar os seguintes programas: o americano QAT – *Quiet Aircraft Technology* (parceria da NASA – *National Aeronautics and Space Administration* - com a FAA), o europeu FANPAC – *Aero-Acoustics Methods for Fan Noise Prediction and Control* - e o japonês ESPR - *Eco-smart Propulsion Research Programme*, entre outros (IATA, 2004, p. 07-08).

²⁰ Grupo de Estudos em Ruído Aeroportuário – COPPE/UF RJ

A OACI estabelece padrões de tecnologia mais adequada, disponível para estabelecer limites de certificação de aeronaves, expressos nos Capítulos 2 a 4 do Volume I de seu documento Anexo 16.

2.7 Planejamento integrado e a abordagem equilibrada.

O CBA²¹ estabeleceu no seu Art. 1º que o direito aeronáutico pátrio é regulado pelos tratados, convenções e atos internacionais de que o Brasil faça parte, pelo próprio código e pela legislação complementar.

Internacionalmente, o órgão mais influente nas questões relacionadas à aeronáutica é a ICAO (OACI em português, fundada em Chicago, em 1944), da qual o Brasil faz parte. Foi no âmbito da OACI que começaram a surgir medidas para reduzir o problema do ruído aeronáutico, no seio da 16ª assembleia em 1968, trazendo à luz o Anexo 16 - Proteção Ambiental e a Resolução A16-3 - Ruído de Aeronaves nas Vizinhanças de Aeroportos.

Em 2001, por intermédio de assembleia, a OACI entendeu que a redução de ruído aeronáutico não poderia apenas se limitar ao aperfeiçoamento das aeronaves e pelas restrições impostas nas operações. Surgiu, assim, um conceito de abordagem equilibrada, o *ICAO's Balanced Approach*, que também se aplica à emissão de gases de efeito estufa. Os pilares deste conceito podem ser sumarizados em:

- Esforços para redução do ruído na fonte, ou seja, melhorar a tecnologia das aeronaves;
- Planejamento e gerenciamento das áreas sob impacto do ruído aeronáutico;
- Procedimentos operacionais de redução de ruído;
- Restrições à operação de aeronaves.

A abordagem equilibrada tem sido incorporada pelos países signatários da OACI. A Europa, por exemplo, incluiu a abordagem equilibrada em suas diretrizes ambientais, já os Estados Unidos adotaram diversos de seus elementos no *US Code of Federal Regulations*. A dimensão ambiental entrelaça-se aqui com a dimensão espacial.

²¹ Código Brasileiro de Aeronáutica

(Para maiores detalhes das aplicações da abordagem equilibrada ver o Apêndice E desta Tese).

A OACI orienta que os instrumentos econômicos e restritivos podem ser utilizados desde que se respeitem os pilares do conceito e que suas medidas:

- Sejam atribuídas claramente ao problema de redução do ruído com critérios objetivos, mensuráveis e relevantes;
- Sejam avaliadas pelo máximo alcance dos benefícios ambientais de uma relação ótima de custo x benefício;
- Propiciem aos interessados e à comunidade os resultados obtidos a propósito de consultas e resolução de litígios.

A finalidade é expandir as ações, visto que isoladamente os ganhos de mitigação são limitados. SILVA (1990, p. 174) já defendia que “a integração harmoniosa de um aeroporto, como seu meio ambiente, e a comunidade local é um ideal a ser atingido com o auxílio de um planejamento racional, um controle das fontes de poluição e um plano de zoneamento da utilização dos terrenos vizinhos”.

CALDAS (2008, p. 331) defende a implementação de um Plano de Integração Operacional Urbana como uma perspectiva para o conjunto dos atores de gestão nas diversas esferas de competência. Ao serem incluídos nos PZR (serão vistos no capítulo 4), PZP²² e ASA²³ os aspectos de acessibilidade e integração modal onde projetos setoriais e regionais integrar-se-iam aos estudos de passageiros e cargas e aos aspectos econômicos de sustentação financeira dos empreendimentos ligados ao transporte aéreo. PALHARES (2001, p. 44) acrescenta ainda que: “[...] o planejamento urbano só será plenamente efetivo, em termos de transportes, uso e ocupação do solo e adensamento populacional, na medida em que tiver a sua administração individualizada, sobretudo com a interação e a participação em suas decisões da comunidade e do governo local”.

²² Plano de Zona de Proteção de Aeródromos e de Auxílios à Navegação Aérea

²³ Área de Segurança Aeroportuária

2.8 Conclusões.

Neste capítulo foram apresentados alguns conceitos associados ao ruído aeroportuário e a identificação das principais fontes de ruídos relacionadas a essa atividade. A identificação das citadas é de suma importância na hora de traçar as medidas mais apropriadas para mitigá-las, sendo destacada a complexidade do problema e ressaltada a importância de medidas de mitigação do problema. Tais medidas foram baseadas, nesta Tese, em uma filosofia definida pela OACI denominada abordagem equilibrada e na adoção de métricas complementares ao DNL.

Além disso, foram apresentados alguns dados da OACI referentes ao número de pessoas atingidas pelo ruído aeroportuário, que apresenta nesta Tese a métrica DNL como a métrica escolhida pelas principais agências internacionais para zoneamento aeroportuário. No Capítulo 5 será dada uma ênfase maior sobre esse assunto.

A conscientização da indústria aeronáutica também foi abordada, sendo citados avanços tecnológicos e a formação de grupos de pesquisa no intuito de estabelecer novas normas para o setor.

A OACI, como a agência responsável pelo setor, criou o conceito de abordagem equilibrada, uma ferramenta importante nas políticas de mitigação de ruído.

A INFRAERO²⁴ é a que mais se ocupa da política ambiental relativa à aeronáutica, política que desenvolve desde 1995. Em 2004, utilizando-se das recomendações da OACI na formulação de diretrizes para a realização de suas ações, elaborou um documento sobre a produção de ruído na região de influência dos aeroportos.

Quatro grandes linhas são levadas em consideração para o gerenciamento do ruído aeronáutico: a redução do ruído na fonte geradora, a adaptação dos procedimentos de pouso e decolagem para a realidade de cada aeroporto, a restrição da operação de aeronaves em determinados períodos e a fiscalização da ocupação do solo no entorno do sítio aeroportuário - providência que, segundo declara a INFRAERO, cabe ao poder público municipal.

Na visão de MUÑOZ (2007), “desde a introdução da aeronave a jato, o ruído tem sido considerado como sendo, talvez, o problema ambiental mais importante associado à aviação civil”.

²⁴ Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária.

Se por um lado a tendência é de substituir as aeronaves por outras cada vez mais silenciosas; por outro, há um aumento na frequência dos voos. Tendência que, por causa do ruído e do congestionamento de aeronaves, torna-se um empecilho para a expansão da capacidade dos aeroportos em alguns casos. E por conta desse e de outros problemas ambientais, alguns estados estão analisando a limitação das operações das aeronaves nos aeroportos, com base nas considerações ambientais. Ao invés de levar em consideração a capacidade do aeroporto.

A seguir, no Capítulo 3, se fará um breve resumo sobre o que existe na legislação brasileira em relação ao ruído e as consequências jurídicas para as pessoas que não respeitarem essas leis.

CAPÍTULO 3

Legislação brasileira sobre o ruído e a ISO 1996

Em 19 de junho de 1980, o Ministério do Interior promulgou a Portaria MINTER nº 92 que instituiu padrões, critérios e diretrizes relativos à emissão de sons e ruídos. Essa portaria inspirou várias resoluções e legislações.

A portaria citada considerava prejudiciais à saúde, à segurança e ao sossego público, os sons e ruídos que:

a) alcancem, no ambiente exterior do recinto em que têm origem, nível de mais de 10 (dez) decibéis - dB(A), acima do ruído de fundo existente no local de tráfego;

b) independentemente de ruído de fundo, atinjam no ambiente exterior do recinto em que tem origem mais de 70 (setenta) decibéis - dB(A), durante o dia, e 60 (sessenta) decibéis - dB(A), durante a noite;

c) alcancem, no interior do recinto em que são produzidos, níveis superiores aos considerados aceitáveis pela Norma NB-9569, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, ou das que a sucederem.

3.1 Constituição Federal.

Um dos avanços da Constituição Federal de 1988 é ter incluído, dentre os princípios da ordem econômica, a “defesa do meio ambiente” (Art. 170, VI), texto ampliado pela Emenda Constitucional nº 42/2003, incluindo nessa defesa o “tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação”.

Portanto, a livre iniciativa, um dos fundamentos da ordem econômica, tem na defesa do meio ambiente um importante limitador. A livre iniciativa que se insurja contra o meio ambiente não pode prevalecer.

No que concerne ao tema da poluição sonora, é comum ver o surgimento de empreendimentos, que mesmo autorizados pelo Poder Público, pouco ou nenhum caso

prestam à poluição sonora que provocam com suas atividades. Geralmente é prioridade dos agentes públicos a análise dos benefícios econômicos que tal atividade possa trazer aos cofres públicos, do que a proteção do meio ambiente.

Sobre a poluição sonora, a União já legislou até os limites de sua competência e capacidade, cabendo aos Municípios legislar sobre os aspectos aplicáveis à convivência urbana, tendo como base normas técnicas editadas e atualizadas pelos órgãos normatizadores, no caso da ABNT e do INMETRO.

De início, pode-se citar o artigo 24 da Constituição Federal:

Art. 24. Compete à União, aos Estados e ao Distrito Federal legislar concorrentemente sobre:

VI – florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção ao meio ambiente e controle da poluição;

VII – proteção ao patrimônio histórico, cultural, artístico, turístico e paisagístico;

§ 1º No âmbito da legislação concorrente, a competência da União limitar-se-á a estabelecer normas gerais.

Já o artigo 30 da Carta Magna relaciona as competências atribuídas aos Municípios, entre as quais estão as de legislar sobre assuntos e prestar serviços públicos de interesse local, promovendo adequado ordenamento territorial no que couber, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano.

Art. 30. Compete aos Municípios:

I – legislar sobre assuntos de interesse local;

V – organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local, incluído o de transporte coletivo, que tem caráter essencial;

VIII – promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano;

Observa-se o Inciso VIII do Art. 30 da Constituição Federal que incumbe ao Município “promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante

planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano”, como posto no início desse artigo.

Dessa forma podemos destacar que a ocorrência de poluição sonora nas áreas urbanas só ocorre, portanto, ou com o consentimento do poder público municipal, ou pela ineficiência, negligência, omissão ou conivência dele.

Sob a avaliação dos planos urbanísticos municipais, as atividades urbanas devem ser distribuídas de modo a não haver incompatibilidades, tais como, a localização de uma grande metalúrgica no meio de uma área residencial, ou pior ainda, ao lado de um hospital e que jamais venham a perturbar o sossego, a segurança e a saúde dos outros.

É também de competência dos municípios tomarem medidas mitigadoras da poluição sonora, como a restrição ao uso de buzinas em determinadas áreas. E os horários e locais em que podem funcionar atividades naturalmente barulhentas, como espetáculos musicais e esportivos, bares, boates, danceterias, obras civis, entre outros.

3.2 Resoluções do CONAMA.

Como mencionado anteriormente, não há lei federal abordando a poluição sonora urbana. Com raras exceções, os projetos de lei que tramitaram, ou ainda tramitam no Congresso Nacional, seguem a tendência de legislações estaduais e municipais que positivaram o teor protetivo da Resolução CONANA n° 1/90. Esta resolução define que a emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades, deve obedecer aos critérios aceitáveis da norma NBR 10.151 da ABNT, considerando os níveis superiores a essa norma técnica como prejudiciais à saúde e ao sossego público.

A referida Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA vem a suprir a falta de uma norma federal emanada do Congresso Nacional. Cabe ao CONAMA, órgão consultivo e deliberativo do Ministério do Meio Ambiente, a competência dada pela Lei n° 6.938/91, Art. 6°, II, citada abaixo:

Art. 6° Os órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios, bem como as fundações instituídas pelo Poder Público, responsáveis pela proteção e melhoria da qualidade ambiental, constituirão o Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, assim estruturado:

[...]

II - órgão consultivo e deliberativo: o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), com a finalidade de assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, diretrizes de políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais e deliberar, no âmbito de sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com o meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida; [...]

Pode-se perceber que o Decreto nº 99.274/90, que regulamentou a Lei nº 6.938/81, atribui uma multa diária (entre 61,70 até 6.170,0 BTN) proporcional à degradação ambiental causada a quem descumprir as Resoluções do CONAMA (Art. 34, II), e multas de 308,50 a 6.170,0 BTN a quem causar poluição de qualquer natureza, que possa trazer danos à saúde ou ameaçar o bem-estar (Art. 35, II).

Da mesma forma que em outras áreas, o CONAMA editou várias resoluções que tratam do ruído associadas a diversas fontes, que serão abordadas mais adiante oportunamente. Todavia, duas delas merecem destaque: as Resoluções nº 1 e 2 de 1990.

3.2.1 Resolução 01/90.

A Resolução nº 1 de 1990 foi a primeira a discutir a poluição sonora urbana e permanece como o mais importante referencial nesse sentido, pois tem por objetivo instituir normas, critérios e padrões referentes à emissão de ruídos. Os critérios por ela estabelecidos deverão ser obedecidos no interesse da preservação da saúde e do sossego públicos.

No que se refere à fonte de emissão de ruídos, de forma genérica, a resolução é abrangente para quaisquer atividades, sejam elas industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política. Note-se que o rol é exemplificativo, e não exaustivo. Apenas excetua-se, de forma explícita, a emissão de ruídos produzidos por veículos automotores e os produzidos no interior dos ambientes de trabalho, haja vista que tais assuntos são tratados, especificamente, por normas expedidas pelo Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN e pelo órgão competente do Ministério do Trabalho.

Essa resolução é de vital importância, uma vez que estabelece que os ruídos produzidos por quaisquer atividades como prejudiciais à saúde e ao sossego quando

extrapolarem os níveis estabelecidos pela norma NBR 10.151. Deste modo, os males advindos da emissão de ruídos é uma presunção normativa, da mesma forma que o fazem as legislações municipais.

A resolução também inclui como fontes de emissões de ruídos prejudiciais à saúde e ao sossego, os projetos de construção ou de reformas de edificações para atividades heterogêneas, sendo que o nível de som produzido por uma delas não poderá extrapolar os níveis estabelecidos pela norma NBR 10.152 (ABNT, 1987).

Dois aspectos essenciais são estabelecidos: os níveis máximos de pressão sonora em áreas habitadas fornecidos pela NBR 10.151, os quais são determinados em função do horário e do uso e ocupação do solo, bem como os da NBR 10.152, que cuida dos níveis de conforto acústico interno para as diversas atividades humanas.

Assim sendo, as entidades e órgãos públicos competentes, nas esferas federais, estaduais e municipais, no uso do respectivo poder de polícia, deverão dispor sobre a emissão ou a proibição da emissão de ruídos produzidos por qualquer meio ou de qualquer espécie conforme o seu parecer. Eles deverão compatibilizar o exercício das atividades com a preservação da saúde e do sossego público, considerando-se, para esse fim, os locais, horários e a natureza das atividades emissoras.

A ambição da resolução é de compatibilizar todas as normas reguladoras da poluição sonora, com aquelas emitidas a partir da sua publicação. Não obstante à tentativa de padronização nacional, as diversas legislações que surgiram após a publicação da Resolução CONAMA nº 01/90 não seguiram os critérios por ela estabelecidos, aumentando-se os níveis de pressão sonora da NBR 10.151, tornando-os mais permissivos, excetuando a propaganda eleitoral, bem como outras atividades poluidoras, e estabelecendo métodos próprios de medição. Embora a NBR 10.151 seja citada em muitas dessas legislações, um olhar atento revela a inobservância da mesma. Para maiores detalhes dessa resolução, ver o anexo B desta Tese.

3.2.2 Resolução 02/90.

A Resolução CONAMA nº 02/90 instituiu o Programa Nacional de Educação e Combate à Poluição Sonora – SILÊNCIO.

Os vários aspectos inquietantes relativos à vida nos grandes centros urbanos são enumerados no decorrer dessa resolução: os problemas de poluição sonora agravam-se

ao longo do tempo nas áreas urbanas e o som em demasia é uma séria ameaça à saúde, ao bem-estar público e à qualidade de vida; cada vez mais, o homem vem sendo submetido a condições sonoras hostis no seu meio ambiente, apesar de ter garantido o direito de conforto ambiental; o crescimento demográfico descontrolado, ocorrido nos centros urbanos, ocasiona uma concentração de diversos tipos de fontes de poluição sonora; torna-se essencial o estabelecimento de normas, métodos e ações para controlar o ruído excessivo que possa intervir na saúde e bem-estar da população.

O referido Programa Silêncio tem como escopos: capacitar técnica e logisticamente o pessoal dos órgãos de meio ambiente estaduais e municipais em todo o país; divulgar, junto à população, matéria educativa e de conscientização sobre os efeitos prejudiciais causados pelo ruído; inserir o tema “Poluição Sonora” nos currículos escolares de Ensino Médio; estimular a fabricação e o uso de máquinas e de equipamentos com níveis mais baixos de ruído operacional; incentivar a capacitação da polícia civil e militar no combate à poluição sonora urbana; estabelecer convênios, contratos e atividades afins com órgãos e entidades que possam cooperar para o desenvolvimento do programa

Conforme o Art. 3º da Resolução, a competência pela coordenação do programa é do IBAMA, cabendo aos estados e municípios, em conformidade com o Programa Silêncio, o seguinte: a implementação dos programas de educação e controle da poluição sonora; determinar as sub-regiões e as áreas de implementação previstas e estabelecendo, sempre que necessário, os limites máximos de emissão mais rígidos, fixados tanto em nível Estadual quanto em nível Municipal.

Os órgãos de meio ambiente são os responsáveis por implementar o Programa Silêncio, segundo dispõe a Lei 6.938/81, da Política Nacional do Meio Ambiente, nos §§1º e 2º do Art. 6º:

Art. 6º - [...]

§ 1º Os Estados, na esfera de suas competências e nas áreas de sua jurisdição, elaboração normas supletivas e complementares e padrões relacionados com o meio ambiente, observados os que forem estabelecidos pelo CONAMA.

§ 2º Os Municípios, observadas as normas e os padrões federais e estaduais, também poderão elaborar as normas mencionadas no parágrafo anterior. [...]

A diretoria do Programa Silêncio do IBAMA atribuiu uma falta de continuidade desse programa, e destaca dentre as principais causas, a mudança do executivo municipal de quatro em quatro anos. O insucesso deu-se tanto pela falta de coordenação do IBAMA, responsável pelo Programa Silêncio, como pela falta de adesão dos municípios.

Um dos objetivos do Programa Silêncio é o de inserir o tema “poluição sonora” nos cursos secundários da rede oficial e privada de ensino, através de um Programa de Educação Nacional.

Em 27 de abril de 1999, surgiu a Lei nº 9.795, que dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental.

A teor do Art. 3º, as obrigações são:

Art. 3º Como parte do processo educativo mais amplo, todos têm direito à educação ambiental, incumbindo:

I - ao Poder Público, nos termos dos Arts. 205 e 225 da Constituição Federal, definir políticas públicas que incorporem a dimensão ambiental, promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e o engajamento da sociedade na conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente;

II - às instituições educativas, promover a educação ambiental de maneira integrada aos programas educacionais que desenvolvem;

III - aos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA, promover ações de educação ambiental integradas aos programas de conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente;

IV - aos meios de comunicação de massa, colaborar de maneira ativa e permanente na disseminação de informações e práticas educativas sobre meio ambiente e incorporar a dimensão ambiental em sua programação;

V - às empresas, entidades de classe, instituições públicas e privadas, promover programas destinados à capacitação dos trabalhadores, visando à melhoria e ao controle efetivo sobre o ambiente de trabalho, bem como sobre as repercussões do processo produtivo no meio ambiente;

VI - à sociedade como um todo, manter atenção permanente à formação de valores, atitudes e habilidades que propiciem a atuação individual e coletiva voltada para a prevenção, a identificação e a solução de problemas ambientais.

A inclusão do meio ambiente nos currículos educacionais, assim como a capacitação da Polícia Militar para combater a poluição sonora ainda é tímida.

Salienta-se que, como fruto da resolução, de “incentivar a fabricação e uso de máquinas e equipamentos com níveis mais baixos de ruído operacional”, foi instituído o selo ruído através da Resolução CONAMA nº 20/94, obrigatório para aparelhos eletrodomésticos nacionais e importados, como secadores de cabelo, liquidificadores e aspiradores de pó.

Entretanto, o incentivo e a capacitação da Polícia Civil Militar para combater a poluição sonora urbana ainda são deficientes, salvo raras exceções. Para maiores detalhes desta resolução ver o anexo C desta Tese.

3.3 Estatuto da Cidade.

A Lei nº 10.257 de 10/07/2001, denominada “Estatuto da Cidade”, veio regulamentar os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, que tratam da política urbana. O poder público municipal quando executa a política urbana tem como objetivo “ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana” (Art. 2º). E a adoção dessa política se faz pelo bem coletivo, da segurança e do bem-estar dos cidadãos, assim como do equilíbrio ambiental (Art. 1º, §único).

Observa-se que a política urbana atribui função social tanto à propriedade urbana como à cidade. E não poderia ser diferente, pois a propriedade deve atender a sua função social (Art. 5º, XXIII, da CF).

Dentre as diretrizes da política urbana destacam-se a ordenação e o controle do uso do solo (Art. 2º, VI), fundamental para se evitar a poluição e a degradação ambiental (Art. 2º, VI, “g”), e a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído (Art. 2º, XII), onde se reúnem as principais fontes da poluição sonora.

Ao analisar os instrumentos de que a política urbana se utiliza para a consecução de seus objetivos, o citado diploma legal menciona o planejamento municipal e, em especial, o plano diretor, a disciplina do parcelamento, do uso e da ocupação do solo e o zoneamento ambiental (Art. 4º, III, a, b, c). É em relação ao zoneamento que a NBR 10.151 estabelece os diferentes limites de níveis sonoros.

O Plano Diretor é obrigatório, segundo prescreve o Art. 182, §1º, da CF, pois se trata do instrumento básico da política de desenvolvimento e expansão urbana. Se há um problema crônico em nossas administrações urbanas diz respeito à falta de planejamento, que nos levou a uma expansão desordenada dos centros urbanos, aos quais estão coligados inúmeros problemas.

3.3.1 Estudo de impacto de vizinhança.

O Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) encontra-se previsto no Estatuto da Cidade como instrumento de proteção ao meio ambiente municipal nos artigos 36 e 37, *in verbis*:

Art. 36. Lei municipal definirá os empreendimentos e atividades privados ou públicos em área urbana que dependerão de elaboração de estudo prévio de impacto de vizinhança (EIV) para obter as licenças ou autorizações de construção, ampliação ou funcionamento a cargo do Poder Público municipal.

Art. 37. O EIV será executado de forma a contemplar os efeitos positivos e negativos do empreendimento ou atividade quanto à qualidade de vida da população residente na área e suas proximidades, incluindo a análise, no mínimo, das seguintes questões:

- I - adensamento populacional;
- II - equipamentos urbanos e comunitários;
- III - uso e ocupação do solo;
- IV - valorização imobiliária;
- V - geração de tráfego e demanda por transporte público;
- VI - ventilação e iluminação;
- VII - paisagem urbana e patrimônio natural e cultural.

Parágrafo único. Dar-se-á publicidade aos documentos integrantes do EIV, que ficarão disponíveis para consulta, no órgão competente do Poder Público municipal, por qualquer interessado.

Segundo SOARES (2002, p.293), “é mais um dos instrumentos trazidos pelo Estatuto da Cidade que permite a tomada de medidas preventivas pelo ente estatal a fim de evitar o desequilíbrio no crescimento urbano e garantir condições de mínimas de ocupação dos espaços habitáveis”.

Dessa maneira, a lei municipal deverá determinar quais os empreendimentos e atividades em área urbana, tanto públicas como privadas, que dependerão de elaboração do Estudo Prévio de Impacto de Vizinhança (EIV) e necessitem de licenças prévias ou autorizações, tanto para construir, ampliar ou mesmo funcionar.

O EIV não se confunde com o EIA, conforme se depreende do Art. 38 do Estatuto da Cidade, que diz: “A elaboração do EIV não substitui a elaboração e a aprovação de estudo prévio de impacto ambiental (EIA), ambas requeridas nos termos da legislação ambiental.” Inclusive, ao tratar dos instrumentos da política urbana, o Art. 4º possibilita a realização de ambos os estudos, concomitantemente. Assim, o EIA está direcionado ao licenciamento ambiental, enquanto o EIV ao urbanístico.

Por isso o EIV é um instrumento muito utilizado para diversos empreendimentos, como *shopping centers*. A simples construção de um empreendimento comercial pode ensejar a realização de um EIV. O estudo deverá observar os aspectos negativos e positivos, apontando as alternativas para minimizar ou eliminar as negatividades.

3.4 Legislações estaduais.

Alguns estados brasileiros já legislaram em relação à poluição sonora, seja de forma direta ou indireta, seguindo o comando constitucional do Art. 24, da CF, da competência concorrente, incluído o tema dentro de dispositivos legais relativos ao meio ambiente. Para exemplificar o que foi dito acima, esta Tese citará algumas delas, ressaltando alguns aspectos positivos e/ou negativos.

No estado de São Paulo, por exemplo, a Lei nº 997/76 que dispõe sobre o controle do meio ambiente, originou-se no mundo jurídico antes mesmo da edição da Lei da Política Nacional do Meio Ambiente. O Art. 2º conceitua poluição e poluentes, nos seguintes termos:

Artigo 2º - Considera-se poluição do meio ambiente a presença, o lançamento ou a liberação, nas águas, no ar ou no solo, de toda e qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade, em quantidade, de concentração ou com características em desacordo com as que forem estabelecidas em decorrência desta lei, ou que tornem ou possam tornar as águas, o ar ou no solo:

I - impróprios nocivos ou ofensivos à saúde;

II - inconvenientes ao bem-estar público;

III - danosos aos materiais, à fauna e à flora;

IV - prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Artigo 3º - Fica proibido o lançamento ou liberação de poluentes nas águas, no ar ou no solo.

Parágrafo único - Considera-se poluente toda e qualquer forma de matéria ou energia que, direta ou indiretamente, causa poluição do meio ambiente de que trata o artigo anterior.

Define como fonte de poluição, “qualquer atividade, sistema, processo, operação, maquinaria, equipamentos ou dispositivo, móvel ou não, previsto no regulamento desta lei, que cause ou possa vir a causar a emissão de poluentes” (Art. 5º, §único), obrigando as fontes constantes no regulamento da lei a registrar-se no órgão estadual de controle da poluição do meio ambiente e a obter a licença de funcionamento (artigo único das disposições transitórias).

O regulamento supracitado baseou-se no Art. 115 do Decreto nº 8.468/76, o qual elucida que as normas referentes à poluição causada por ruídos serão fixadas por decretos específicos. Na compensação de emissões, segundo as alterações introduzidas pelos Decretos nº 50.753/2006 e 52.469/2007, o ruído é um dos parâmetros a serem aferidos pela CETESB²⁵ para autorizar a utilização dos créditos gerados por fontes móveis (Art. 42-A, §5º, 1).

As medidas indiretas de mitigação como o “Programa Permanente de Ampliação das Áreas Verdes Arborizadas Urbanas” (Lei nº 13.580/2009), visam aumentar o Índice

²⁵ Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

de Área Verde - IAV de 12 m² (doze metros quadrados) por habitante por meio de projetos de plantio de árvores, enfatizando a mitigação da formação de ilhas de calor e da poluição sonora, além da conservação da biodiversidade.

Outra medida é a criação do Sistema Viário de Interesse Metropolitano – SIVIM (Decreto nº 50.684/2006), que, dentre os seus objetivos, inclui medidas de controle da poluição sonora no conjunto de vias principais e respectivas áreas de influência, utilizados pelos serviços metropolitanos de transporte coletivo urbano de passageiros sobre pneus.

De modo semelhante, a Política de Desenvolvimento do Ecoturismo e do Turismo Sustentável (Lei 10.892/2001, Art. 5º) deve contemplar a preservação das características da paisagem, prevenindo a poluição sonora, visual e atmosférica na localidade.

3.5 Legislações municipais.

No município de São Paulo, observa-se a Lei nº 8.106/74 que, embora revogada, lembra a evolução (ou involução) legislativa a respeito do tema. O Art. 1º prescrevia: “é proibido perturbar o sossego e bem-estar públicos e da vizinhança com sons de qualquer natureza que ultrapassem os limites previstos para as diferentes zonas de uso e horários, na presente lei e seus regulamentos”. A partir disso, observa-se que o legislador contemplava tanto o sossego público como o de vizinhança, algo raramente contemplado na legislação atual.

Os distintos níveis eram adequados por zonas, conforme os critérios de uso e de ocupação do solo, e certas atividades, como obras de construção e serviços públicos, tudo devia adequar-se a certos limites, segundo o período em que se desenvolvia: diurno (7h às 16h e 16h às 19h) ou noturno (19h às 7h).

Além de impor restrições às obras de construção civil e públicas, abordava nos artigos 8º a 11 sobre os “sons produzidos por fontes móveis e automotoras”, remetendo ao CONTRAN a fixação dos níveis máximos. No perímetro urbano, por exemplo, era proibido o uso de buzina a ar comprimido ou formas similares (Art. 10) e transitar com veículo sem o dispositivo silencioso de escapamento, conforme fornecido pelo fabricante (Art. 11).

Segundo as áreas de zoneamento, alguns dos limites de pressão sonora eram: estritamente industriais 79dB(A); predominantemente industriais 75dB(A); mista de alta densidade 71dB(A); mista de baixa densidade 67dB(A); predominantemente residenciais e especiais, variavam de 63dB(A) a 59dB(A); e estritamente residenciais 55dB(A).

Os estabelecimentos comerciais, industriais, institucionais, de prestação de serviços e as residências tinham que se adaptar aos níveis de som do Quadro IV da lei, conforme os horários. Apenas como exemplificação, um estabelecimento comercial em zona predominantemente residencial tinha como limite 59dB(A) no período diurno e 50dB(A) no período noturno. Em zona mista de alta densidade resultava 71dB(A) no período diurno e 59dB(A) no período noturno.

Essa norma foi revogada em parte, no que lhe era contrária, pela Lei nº 11.501/94 (em vigor) e, totalmente, pela Lei nº 11.804/95.

A Lei nº 11.501/94 é uma das normas aplicadas à poluição sonora hoje em dia. A citada norma, de forma semelhante à da capital fluminense, trata da emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades sociais ou recreativas, em ambientes confinados, que obedecerão aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidas na própria lei, sem prejuízo da legislação federal e estadual aplicável. Nesse caso, valerá a que seja mais restritiva (Art. 1º).

A modificação inserida pela Lei nº 11.986/1996 expandiu o conceito de espaços confinados, antes restritos aos espaços cobertos, para abranger como espaços confinados aqueles “cobertos ou não”.

O Art. 3º estabelece a obrigatoriedade do tratamento acústico com a finalidade de delimitar a passagem de som para o exterior de “estabelecimentos, instalações ou espaços, inclusive aqueles destinados ao lazer, cultura e hospedagem, e institucionais de toda espécie”, que utilizem de fontes sonoras com transmissão ao vivo ou qualquer sistema de amplificação.

Quando da solicitação dos respectivos alvarás de funcionamento para locais de reunião ou da licença de localização e funcionamento, deverá ser fornecido um laudo técnico 139 que comprove o tratamento acústico (Art. 4º), dentre outros documentos, como exigência admitida pelo Decreto nº 49.969/2008, Art. 38.

O laudo será preparado por empresa idônea com a assinatura de todos os profissionais devidamente identificados, incluindo habilitação, “layout” do imóvel,

descrição detalhada do projeto acústico, perda de transmissão ou isolamento sonoro das partições. Preferencialmente, em bandas de frequência de 1/3 (um terço) de oitava; com comprovação técnica da implantação acústica efetuada; levantamento sonoro em áreas possivelmente impactadas e apresentação dos resultados obtidos contendo as normas legais seguidas, croquis com os pontos de edição e conclusões (Art. 5º).

A validade do alvará de funcionamento para locais de reunião terá validade de 1(um) ano, e a licença de localização e funcionamento de 2 (dois) anos, podendo ser invalidados em qualquer tempo, caso haja qualquer alteração física do imóvel ou reformas que impliquem na alteração da proteção acústica (Art. 6º).

Em 1995, surgiu a Lei 11.804, ainda em vigor, para cuidar da aceitabilidade de ruídos na cidade de São Paulo, visando-se o conforto da comunidade. A referida lei veio revogar a Lei nº 8.106/74 e o seu decreto regulamentar por considerar como prejudiciais à saúde e ao sossego público emissões de ruídos em níveis superiores aos estabelecidos pela NBR 10.151 da ABNT (Art. 2º).

No parágrafo único da lei supracitada estabelece-se que o método a ser utilizado para a medição será o da própria NBR 10.151. Contudo, fixa-se o período diurno a partir das 6h, quando segundo a NBR 10.151 deve começar às 7h (Art. 2º, II). Mais adiante, o Projeto de Lei PL nº319/07 almejou alterar o início do período diurno para as 8h, mas após sofrer o veto total por parte do executivo municipal, confirmado pela Câmara, foi arquivado em 22/09/2009.

Os níveis máximos de emissão de ruído foram definidos pela Portaria Intersecretarial nº 01 do SEMAB/SAR/SEHAB/SMT/GCM/96, seguindo-se determinação do Art. 10 do Decreto nº 34.741/1994, que tomou por base a NBR 10.151, aumentando em 5dB os níveis noturnos para as áreas industriais e mista, e estipulando os horários diurno e noturno em função do zoneamento municipal.

A Lei nº 12.879/99, conhecida popularmente como “Lei da 1 hora”, também contribui indiretamente com a redução dos níveis de ruído durante o período noturno. Isso porque o referido dispositivo legal proíbe o funcionamento dos bares de portas abertas entre 1h e 5h da manhã. A proibição não se aplica a bares que possuem isolamento acústico, estacionamento, funcionários destinados à segurança e não atrapalham o sossego público.

Hoje em dia, a Lei nº 13.885/2004, legislação específica de zoneamento que incorporou os níveis de ruído para cada zona, sendo necessário conferir individualmente cada uma delas para verificar o nível máximo permitido de pressão sonora.

O Decreto nº45.817/2005 regulamenta a classificação dos usos em categorias, subcategorias, tipologias residenciais, bem como em grupos de atividades e atividades não residenciais para fins da legislação de uso e ocupação do solo.

O Art. 29, na Seção V, “Da instalação dos usos não residenciais”, estabelece que as mesmas devam atender também aos parâmetros de incomodidade definidos quanto à emissão de ruído por zona de uso entre os Quadros nº 02/a e nº02/g anexos.

3.6 ISO 1996.

Será realizada uma descrição resumida da “Norma Série ISO 1996 – Descrição e Medição do Ruído Ambiental – Parte 1: Grandezas Fundamentais e Métodos de Avaliação”, adicionalmente. A razão da abordagem da norma se deve ao fato de que nela são definidas as grandezas fundamentais utilizadas para a descrição do ruído nos ambientes públicos, assim como são descritos os procedimentos básicos de sua avaliação. Também são especificados métodos de avaliação do ruído ambiental e fornecidas indicações para prever a reação da comunidade (guia para predição da resposta da comunidade) face uma exposição sonora de longo prazo e em face de diferentes tipos de ruído ambiente, porém, limitando-se a zonas habitadas e à utilização em planejamento de uso do solo.

Recentemente, a Norma foi revista no âmbito do Subcomitê SC 1 – Ruído do TC 43 – Acústica, passando a ser denominada “ISO 1996 Acústica – Descrição, Medição e Avaliação do Ruído Ambiental” e constituída por apenas duas partes que anulam e substituem as anteriores, agora, a saber:

- ✓ Parte 1: Grandezas fundamentais e métodos de avaliação ou Quantidades básicas e procedimentos de avaliação (*Basic quantities and assessment procedures*), de 01/08/2003;
- ✓ Parte 2: Determinação dos níveis de pressão sonora ou Determinação de níveis de ruídos ambientais (*Determination of environmental noise levels*), de 2007.

Esta série de normas tem por objetivo contribuir para a harmonização dos métodos de descrição, medição e avaliação do ruído ambiental no plano internacional de qualquer que seja a fonte de ruído. Ela se propõe a fornecer os descritores da situação sonora nos ambientes em comunidade às autoridades públicas, baseando-se nos princípios descritos torna-se possível desenvolver normas nacionais, regulamentações e os correspondentes limites de ruídos aceitáveis (ISO, 2003).

A primeira versão da “NBR 10151 – Acústica – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o conforto da comunidade – Procedimento”, remetida pela Resolução CONAMA 001, de 01 de março de 1990, foi elaborada a partir da série ISO 1996.

3.7 Conclusões.

As referências normativas legais utilizadas nesta Tese são:

- ✓ ABNT NBR 10.151 (2000) - Avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade remetida pela Resolução CONAMA Nº1 de 08 de março de 1990.
- ✓ A ABNT NBR 10.152 (1987) - Avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade remetida pela Resolução CONAMA Nº1 de 08 de março de 1990.
- ✓ RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001, de 08 de março de 1990.

Encontram-se na resolução CONAMA 01 os seguintes itens:

II - São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para os fins do item anterior aos ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela norma NBR 10.151 - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

IV - A emissão de ruídos produzidos por veículos automotores e os produzidos no interior dos ambientes de trabalho, obedecerão às normas expedidas, respectivamente,

pelo Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, e pelo órgão competente do Ministério do Trabalho.

No Capítulo 4, a seguir, dar-se-á ênfase ao aeroporto e suas características (econômicas, sociais, políticas, etc.) e ao ruído aeroportuário, citando a legislação vigente e os respectivos órgãos de controle.

CAPÍTULO 4

Dimensão Espacial de um Aeroporto

A dimensão espacial de um aeroporto é o espaço analítico que compreende uma área onde recursos e objetivos afluem num processo de desenvolvimento a partir dessa estrutura local, onde se estabelecem as relações regionais, nacionais e internacionais. A capacidade de suporte da região deve ser considerada diante do crescimento e do adensamento populacional sem limites e de sua pressão nos demais sistemas.

O ordenamento do território é a medida de prevenção de ruído por excelência numa ótica de sustentabilidade. Só uma criteriosa localização de fontes sonoras e receptores sensíveis ao ruído permite harmonizar a utilização dos espaços evitando usos conflituosos do solo. Controlar o ruído para proteger receptores sensíveis em coexistência com fontes sonoras tem sido o desafio, nem sempre bem conseguido, das tradicionais políticas de redução de ruído ambiente. A eficácia das medidas vai diminuindo progressivamente do controle na fonte para a propagação do ruído (entre a fonte e o receptor) até às medidas no próprio receptor.

4.1 Licenciamento e regularização.

Embora a construção e a ampliação de aeroportos e de aeródromos públicos dependam da autorização do Diretor-Geral de Aviação Civil, conforme a Instrução de Aviação Civil (IAC) no 2328-0790 (IMA 58-10), de 16 de julho de 1990, elas devem ser precedidas do correspondente licenciamento dos órgãos ambientais competentes.

A atividade aeronáutica e sua respectiva infraestrutura são consideradas como atividade de significativa degradação ambiental, inserindo-se na exigibilidade de estudo prévio de impacto ambiental, conforme preceitua o art. 225, §1º, IV da Constituição Federal:

IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

Quanto à sua exigibilidade e competência do estudo, a resolução CONAMA²⁶ n° 1/86, Art. 2°, IV, preceitua:

Art. 2°. Dependerá de elaboração de Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e da SEMA²⁷ em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

[...]

IV. aeroportos, conforme definidos pelo inciso I, art. 48, do Decreto Lei n° 32, de 18 de novembro de 1966;

Quanto à magnitude de impacto ambiental, os aeroportos são considerados de “alto” potencial de poluição e de grau de utilização de recursos naturais pelo Anexo VIII da Lei n° 6.938/81, Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, anexo introduzido pela Lei n° 10.165/2000.

Com base em um levantamento feito pela INFRAERO em 2009, cerca de 27% dos aeroportos brasileiros não possuem licença ambiental por terem sido construídos muito antes da lei, segundo declarações de Paulo Sergio Ramos Pinto, diretor de engenharia e meio ambiente da INFRAERO, embora os mesmos se encontrem em fase de regularização. Este é o caso do aeroporto de Congonhas, que iniciou as suas atividades em 1936, mas somente iniciou o processo de licenciamento em 2002.

Em se tratando dos aeroportos brasileiros seria mais adequado falar-se em regularização da atividade instalada, que deve ser objeto de estudos de conformidade ambiental. Estudos esses que guardarão relação de proporcionalidade com os estudos necessários para fins de licenciamento ambiental da atividade/empreendimento no âmbito da Licença Ambiental Prévia.

²⁶ Conselho Nacional do Meio Ambiente

²⁷ Secretaria Estadual do Meio Ambiente

Conforme a supracitada Resolução CONAMA nº 1/86, art. 2º, IV, o licenciamento de aeroportos deve ser submetido à aprovação do órgão estadual competente, precedida do EIA/RIMA²⁸.

O Art. 10 da Lei nº 6.938/81, reproduzido no art. 19 da Lei Estadual nº 9.509/97 do Estado de São Paulo, aponta para a competência estadual do licenciamento:

Art. 10 - A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva e potencialmente poluidores, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento de órgão estadual competente, integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, e do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, em caráter supletivo, sem prejuízo de outras licenças exigíveis.

No mesmo sentido, o Art. 5º, III da Resolução CONAMA nº 237/97, estabelece como competente o órgão ambiental estadual para o licenciamento de empreendimentos e de atividades cujos impactos ambientais diretos ultrapassem os limites territoriais de um ou mais Municípios, como é o caso do aeroporto de Congonhas.

Embora territorialmente se encontre localizado dentro dos limites do município de São Paulo, a poluição sonora decorrente do pouso e da decolagem de aeronaves atinge mais de um município, sem falar dos demais impactos.

4.2 Aeroporto: sua presença na comunidade.

Os aeroportos ocupam áreas de dimensões consideráveis para o desenvolvimento de suas atividades e necessitam de reserva técnica que permita sua expansão em determinados períodos de tempo. As existências dessas estruturas funcionam muitas vezes como um polo de atração da malha urbana e das infraestruturas complementares. Esta exige dos gestores tanto aeroportuários quanto políticos uma coordenação atenta à disciplina da ocupação das áreas deste entorno a fim de que não se amplie excessivamente o número de pessoas expostas a externalidades negativas, como o ruído

²⁸ Estudo de Impacto Ambiental / Relatório de Impacto Ambiental

e a emissão de gases. A pressão urbana sob essas áreas torna-se cada vez maior. SILVA (1990, p. 184) ressalta que:

“O grande crescimento populacional e a migração do campo para a cidade têm determinado uma mobilidade urbana que se reflete normalmente sobre o aeroporto. Isso porque o adensamento da malha urbana inclui a ocupação dos imóveis disponíveis e as grandes áreas reservadas aos aeroportos são alvos fáceis caso não estejam bem protegidas jurídica e fisicamente. A proteção jurídica se faz pela titulação e registro dos imóveis e pela legislação que disciplina o uso do solo, com zoneamento compatível com a exploração aeroportuária.”

Essa presença no meio urbano, como salientado, provoca conflitos e necessidades de gerenciamento. Mas, em contrapartida, oferece à comunidade espaço para oportunidades. Segundo (CALDAS, 2008), pode-se de forma preliminar realçar que os melhoramentos mais evidentes são: (a) Desenvolvimento socioeconômico regional, em particular da indústria e do comércio; (b) Geração de emprego e renda; e (c) Agilização de ligações com outras localidades.

Não obstante, há conflitos identificados como: (a) Restrições ao uso e à ocupação do solo; (b) Reorientação de vetores de expansão urbana; (c) Incômodo relacionado ao ruído das operações; (d) Criação de áreas de risco; e (e) Impactos ambientais diversos.

Quanto aos fatores ambientais, SILVA (1990, p. 174) adverte que não devem ser esquecidos, ademais das repercussões do ruído, os impactos na atmosfera, fauna, flora, erosão do solo, dos cursos d'água, das lagoas e dos oceanos.

Os impactos do aeroporto na região em que se inserem estendem-se muito além do incômodo provocado pelo ruído, agregando demandas ambientais, conflitos de vizinhança, integração modal e de controle de risco de fauna e acessibilidade. Ela exige uma atitude mais cooperativa entre os gestores aeroportuários e municipais, numa superação da necessidade de atingir metas imediatas e sob uma perspectiva mais duradoura de longo prazo (CALDAS, 2008, p. 329; 331).

Os aeroportos possuem o desafio de obter um espaço satisfatório para a construção de acessos e para as operações de terra, em um ambiente potencialmente hostil. Atualmente, poucas cidades possuem terras disponíveis ou a um preço razoável para essas necessidades, vista a relativa proximidade que os aeroportos devem guardar dos centros urbanos e de negócios (DEMPSEY, 1999, p.236).

O impacto urbano de um aeroporto dependerá muito do tamanho da cidade: aquelas que forem menores estarão mais sensíveis a esses impactos, pois a ocupação urbana acaba sendo deslocada para o aeroporto. Haja vista que a população urbana que usufrui das infraestruturas presentes na unidade aeroportuária.

A IATA (2004, p.11) expressa grande preocupação de que os ganhos tecnológicos obtidos com a melhoria tecnológica dos equipamentos e pelo atendimento a padrões internacionais sejam perdidos, se não for mantido sob controle o gerenciamento do uso do solo em torno dos aeroportos, ocasionando-se dificuldades para o desenvolvimento da própria capacidade aérea do terminal, que segue de encontro à demanda do mercado graças a descuidos.

Em 2001, a OACI reforçou em assembleia que para evitar problemas com ruído, medidas preventivas devem ser tomadas, dentre elas:

- A escolha de pontos para novos aeroportos distantes de áreas sensíveis ao ruído;
- O planejamento pleno do uso do solo desde o início dos projetos de desenvolvimento do aeroporto;
- A definição de zonas ao redor dos aeroportos associadas a diferentes níveis de ruídos, considerando o adensamento populacional e as previsões de aumento de demanda;
- O estabelecimento de legislação e regulamentos que assegurem o atendimento a estes requisitos internacionais (IATA, 2004, p.16).

4.3 Regulamento Brasileiro da Aviação Civil (RBAC nº161 / EMENDAnº00).

As razões já abordadas nos tópicos anteriores expõem as razões que motivaram a agência que regulamenta a aviação civil no Brasil (a ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil) a propor a edição do Regulamento Brasileiro de Aviação Civil – RBAC 161.

A proposta mencionada para emissão do RBAC 161 visa substituir a Portaria Nº 1.141/GM5, de 8 de dezembro de 1987, nos aspectos referentes a Planos de

Zoneamento de Ruído – PZR, referenciados no art. 44 da Lei Nº 7.565 – Código Brasileiro de Aeronáutica – CBA, de 19 de dezembro de 1986.

A revogada Portaria nº 1.141/GM5/87 do Ministério da Aeronáutica dispôs sobre as zonas de proteção e aprovou: o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos, o Plano Básico de Zoneamento de Ruído, o Plano Básico de Zona de Proteção de Heliportos e o Plano de Zona de Proteção à Navegação Aérea.

Ao tratar de aeronaves devemos lembrar que legislar sobre direito aeronáutico é competência privativa da União, consoante o Art. 22, I da Constituição Federal.

Todavia convém destacar que a Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecida pela Lei nº 6.938/81, dispõe no seu artigo 8º, inciso VI, ser competência do CONAMA estabelecer, privativamente, as normas e os padrões nacionais de controle da poluição oriundas de aeronaves, mediante audiência dos Ministérios competentes, o que inclui a poluição sonora. Mas, na ausência dessas normas a serem editadas pelo CONAMA, está sendo aplicada a regulamentação da ANAC.

A Lei nº 11.182, de 2005, deliberou por meio do seu Art. 5º, que a ANAC é autoridade da aviação civil e o Art. 47, Inciso I, confere à ANAC competência para gradualmente substituir a regulamentação em vigor por regulamentos, normas e demais regras emitidas por ela mesma, regulando o ruído aeronáutico conforme estabelece o Art. 8º, Inciso X.

A publicação das novas condições para os Planos de Zoneamento de Ruído se justifica pela necessidade de modernizar a legislação complementar, em nível federal, contemplando o uso do solo nos aspectos referentes aos Planos de Zoneamento de Ruído, tendo em vista a criação da ANAC e a definição de suas competências.

A revisão da metodologia para a consignação dos planos e das curvas de ruído se motiva, principalmente, pelo avanço tecnológico das aeronaves.

4.3.1 Destaque do RBAC 161.

Para uma melhor compreensão dos assuntos e termos técnicos utilizados nesta Tese, aplicar-se-ão a seguir algumas definições disponíveis em regulamentos, relatórios ou normas estabelecidas, tais como: RBAC 01, denominado “Regulamentos Brasileiros de Aviação Civil. Definições, Regras de Redação e Unidades de Medida”; RBAC 139, denominado “Certificação Operacional de Aeroportos”; Resolução ANAC n.º 153, de

18 de junho de 2010, que dispõe sobre a aprovação de Planos Diretores Aeroportuários; e a Lei nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986, que dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica – CBA. Dentre os principais assuntos e termos técnicos a serem mencionados, temos:

(a) Movimento de aeronave: termo genérico utilizado para caracterizar um pouso, uma decolagem, ou um toque e a arremetida de aeronaves civis no aeródromo.

(b) Nível de ruído médio dia-noite: nível de ruído médio de um período de 24 horas, calculado segundo a métrica DNL.

(c) Permanência prolongada de pessoas: situação em que o indivíduo permanece por seis horas ou mais em um recinto fechado.

(d) Plano Básico de Zoneamento de Ruído – PBZR: Plano de Zoneamento de Ruído de Aeródromo composto pelas curvas de ruído de 75 e 65dB(A) e elaborado a partir de perfis operacionais padronizados.

(e) Plano de Zoneamento de Ruído de Aeródromo – PZR: ele tem por objetivo representar geograficamente a área de impacto do ruído aeronáutico decorrente das operações nos aeródromos e, aliado ao ordenamento adequado das atividades situadas nessas áreas, ser o instrumento que possibilita preservar o desenvolvimento dos aeródromos em harmonia com as comunidades localizadas em seu entorno.

(f) Plano Específico de Zoneamento de Ruído – PEZR: Plano de Zoneamento de Ruído de Aeródromo composto pelas curvas de ruído de 85, 80, 75, 70 e 65dB(A) e elaborado nos termos deste RBAC, a partir de perfis operacionais específicos.

(g) Redução de Nível de Ruído (exterior para interior) – RR: diferença entre as medidas simultâneas de nível de ruído externo e interno à edificação, considerando uma fonte sonora constante.

(h) Ruído aeronáutico: ruído oriundo das operações de circulação, aproximação, pouso, decolagem, subida, rolamento e teste de motores de aeronaves, não considerando o ruído produzido por equipamentos utilizados nas operações de serviços auxiliares ao transporte aéreo para fins do Plano de Zoneamento de Ruído.

(i) Ruído de fundo: média dos níveis de ruído considerados na ausência de ruído aeronáutico em determinado local e hora.

(j) Uso do solo: resultado de toda atividade urbana ou rural que implique em controle, apropriação ou desenvolvimento de atividades antrópicas em um espaço ou terreno.

4.3.2 FAR. PART 150 como referência do RBAC.

Em 1972, o congresso dos EUA aprovou a Lei de Controle de Ruído (NCA), Direito Público 92-574. Entre os requisitos previstos pela NCA constava o de criar uma diretiva para a EPA - Administrador da Agência de Proteção Ambiental – incumbindo-a de "publicar informações sobre os níveis de ruído ambiente, de criar e de manter áreas definidas sob as mais diversas condições ambientes das quais são necessárias para proteger a saúde pública e o bem-estar com uma margem de segurança adequada." O relatório resultante foi publicado em 1974 com a denominação EPA550/9-47-004. Ele era comumente referido como "Documento de níveis", pois traçava as áreas com curvas de níveis.

No "*Document Levels*", a EPA informou que as melhores métricas para descrever os efeitos do ruído ambiental de uma forma simples, uniforme e adequada eram:

- O nível de pressão sonora equivalente ponderada-A (Leq(A)), e
- O DNL, que pode ser simbolizado como Ldn e que é uma variante do Leq e incorpora a "pena" 10 dB para o ruído à noite.

O regulamento criado pela FAA²⁹ (*FAR Part 150*) instituiu os procedimentos recomendados, as normas e as metodologias que regem o desenvolvimento de mapas de exposição ao ruído dos aeroportos e de programas de planejamento de compatibilidade de ruído dos aeroportos na maioria dos países do mundo. O referido documento é coerente com o "Documento de Níveis" da EPA, que prescreve um sistema único para: medição de ruído em aeroportos e áreas circunvizinhas, que geralmente fornece uma relação altamente confiável entre exposição ao ruído projetado e a reação das pessoas inseridas nele, e a determinação da exposição dos indivíduos ao ruído que resulta das operações de um aeroporto. Esse regulamento *FAA – FAR Part 150* também é paralelo à orientação regulamentar do HUD³⁰ na medida em que identifica os usos do solo que normalmente são compatíveis com os vários níveis de exposição DNL.

O relatório *FAR Part 150* inclui uma tabela intitulada "Compatibilidade do Uso do Solo com os DNL's anuais." Essa tabela cita várias recomendações do uso do solo que sejam compatíveis ou incompatíveis com os níveis anuais de $DNL \geq 65dB$, em incrementos de 5dB. Níveis abaixo de DNL 65dB são considerados compatíveis para todos os usos do solo indicados e estruturas relacionadas, sem restrições. Níveis entre DNL 65 e 75dB são considerados incompatíveis com terrenos residenciais ou escolas, a menos que sejam tomadas medidas para atingir níveis adicionais de reduções de ruído (NLRs). Acima de DNL 75dB, usos do solo residenciais são considerados inaceitáveis, mesmo com a incorporação de medidas de atenuação de ruído. No entanto, uma variedade de usos não residenciais, tais como: espaços abertos, centros comerciais e industriais do uso do solo são identificados como compatíveis em áreas com $DNL > 75dB$.

O texto original do RBAC (Regulamento Brasileiro da Aviação Civil) contempla as curvas de 85, 80, 75, 70 e 65dB, seguindo a mesma linha adotada na resolução *FAR Part 150*, editada pela FAA, texto adotado como referência técnica para a elaboração da proposta do RBAC 161.

As referências europeias e norte-americanas possuem aspectos metodológicos distintos, sendo as primeiras caracterizadas por uma abordagem mais restritiva, resultando em um impacto significativamente maior sobre o tecido urbano limítrofe aos aeroportos.

²⁹ *Federal Aviation Administration*

³⁰ *Department of Housing and Urban Development*

A referência norte-americana foi adotada no caso brasileiro em razão desta vir sendo empregada com sucesso há mais tempo e por apresentar melhores condições de adequabilidade ao contexto urbano nacional e ser mais compatível com as características construtivas das edificações presentes no ambiente brasileiro, segundo pensam os órgãos e autoridades competentes do meio no Brasil.

4.4 Curvas de ruído.

Uma curva de ruído é a representação gráfica da área de abrangência de um determinado nível sonoro proveniente da movimentação de aeronaves. A curva de ruído pode ser elaborada com o uso de radares ou com auxílio de softwares de geração de curvas de ruído, como o INM (*Integrated Noise Model*), desenvolvido pela FAA (*Federal Aviation Administration – EUA*).

Em 1978, a FAA desenvolveu um software para previsão do impacto do ruído aeronáutico, tendo como base um modelo para estimar a evolução do impacto do ruído aeronáutico em áreas vizinhas aos aeroportos, produzindo curvas isofônicas, denominado INM (FAA, 2004).

As curvas isofônicas representam a união de pontos com a mesma avaliação numérica ou nível de ruído no entorno de um aeroporto. Considera-se a possibilidade de se obter os níveis de incômodo para um determinado período, como por exemplo, um dia, obtendo-se um conjunto de contornos ou curvas de igual nível de incômodo. Em geral, as curvas de ruído são mapeadas a intervalos de índice de ruído para auxiliar na definição das zonas “mais afetadas” *versus* as “menos afetadas” no entorno do aeroporto (VALIM, 2006).

A Figura 4-1 ilustra exemplos de curvas de ruído do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro/Galeão implementadas com o auxílio do software INM.



Figura 4-1: Curvas de ruído do AIRJ. **Fonte:** ANAC (2009).

Com base nos dados de movimentação diária do aeroporto – média de voos diários (diurnos e noturnos) e trajetórias de pouso e de decolagem – e nas características de ruído de cada modelo de aeronave operante no aeroporto, o INM calcula a curva de ruído ao redor da pista, de acordo com as escolhas de quem o manipula. É possível escolher várias métricas a partir das quais a curva de ruído que será elaborada e, para cada métrica, se chegará a um resultado diferente. Como foi dito anteriormente, entre as métricas mais utilizadas estão o DNL e o LAeq divididas em: L_{AeqD} e L_{AeqN} .

Além da métrica, podem-se escolher diversos níveis sonoros para os quais as curvas serão calculadas. Dessa forma, vários cenários de curvas de ruído serão exibidos com intervalos constantes entre elas. Quanto maior for o nível sonoro menor será a área da curva e vice-versa.

A geração de curvas através de medições é uma atividade complexa, envolvendo um investimento muito alto na compra de equipamentos de exatidão, como por exemplo, sonômetros, e um controle rigoroso sobre as variáveis que podem afetar a confiabilidade dos dados.

Atualmente, muitos aeroportos utilizam um sistema de monitoramento do ruído com a finalidade de verificar valores estipulados em simulações. Através dessas curvas, pode-se avaliar a extensão do impacto sonoro produzido pelo aeroporto, além de analisar quantitativamente os efeitos de soluções imaginadas. Dessa forma, pode-se elaborar uma política de ocupação do solo que harmonize a convivência entre o aeroporto e a comunidade servida. (IAC, 1981, p. 38).

O uso de radares para tal fim é muito comum em países europeus e nos Estados Unidos. Mas no Brasil utiliza-se mais frequentemente o INM por ser economicamente mais viável e fornecer resultados muito próximos à realidade (SLAMA, 2006). Esta Tese utilizou o INM 7.0 para a elaboração de curvas de ruído, software que será mais aprofundado no Capítulo 7. Ver também Apêndice B desta Tese.

4.5 Plano de zoneamento de ruído.

A finalidade dos Planos de Zoneamento de Ruído, diretamente vinculada ao potencial de aproveitamento dos sítios aeroportuários, é a de disciplinar a ocupação do solo nas áreas de entorno dos aeroportos por meio da ação conjunta do Ministério da Aeronáutica e dos órgãos governamentais locais. Ela também estabelecerá limites ao gabarito das construções e ao seu uso e tipo em compatibilidade com o nível de ruído aeronáutico incidente sobre as diferentes áreas do entorno.

O Código Brasileiro do Ar, Decreto-Lei nº 32/66, revogado pelo atual Código Brasileiro de Aeronáutica, dedicava o Capítulo III do Título IV ao tema das Zonas de Proteção dos Aeródromos, estabelecendo restrições especiais às propriedades vizinhas dos aeródromos por meio de planos que seriam administrados pelos municípios. Nota-se a preocupação do legislador com o tráfego aéreo e as propriedades em solo, ao ponto de inserir no Art. 61 que “o voo sobre as propriedades privadas não deverá prejudicar o uso da propriedade do solo, tal como o define a legislação civil”. O impacto sonoro é visivelmente o maior prejuízo que o sobrevoo de aeronaves pode causar às propriedades no solo.

Desde o início dos anos 80, o extinto Departamento de Aviação Civil vinha elaborando Planos Diretores Aeroportuários, Planos Aeroviários Estaduais e Planos Específicos de Zoneamento de Ruído. Atualmente, essa tarefa cabe à ANAC.

A grande maioria dos aeroportos nacionais teve o seu Plano de Zoneamento de Ruído (PZR) aprovado por intermédio da Portaria nº 629/GM-5/84178. O Plano Específico do Aeroporto de Santos Dumont (RJ) foi aprovado pela Portaria nº 571/DGAC/94, o de Viracopos (SP) pela Portaria nº 102/DGAC/99, o da Zona da Mata (MG) pela Portaria nº 261/DGAC/2003 e o Aeroporto Nacional de Aviação – Goiânia pela Portaria nº 260/DGAC/2003.

O Plano de Zoneamento de Ruído caracteriza o aeroporto como fonte sonora a partir da métrica DNL. Tem por objetivo evitar o “*encroachment*”, que é a invasão da região do entorno do aeroporto por atividades sensíveis ao ruído, tais como, residências e edifícios para atividades de ensino e de saúde.

O PZR pode ser utilizado para orientar a compatibilização do uso e da ocupação do solo na área de entorno de aeroportos com as atividades aeroportuárias. Não considera o ruído ambiente, levando em conta unicamente o ruído produzido pelas operações aeronáuticas.

O PZR é composto pelas curvas de ruído e pelas compatibilizações e incompatibilizações ao uso do solo estabelecidas para as áreas delimitadas por essas curvas.

No PZR do Aeroporto Internacional de Congonhas, aprovado pela Portaria N°0629/GM5, de 02/05/1984 (Anexo LXXXIX), conforme pode ser visto no Anexo A desta Tese, a região do entorno do aeroporto é subdividida em três (3) áreas delimitadas por duas curvas de ruído definidas em função da métrica DNL (*Day-Night Level*):

ÁREA I – Área do PZR interior da curva de nível de ruído 1 (DNL > 75dB(A)), é o nível de incômodo sonoro potencialmente nocivo aos circundantes, de acordo com a legislação aeronáutica.

Na Área I, a mais afetada pelo ruído, são permitidas as seguintes atividades (art.69):

- ✓ Produção e extração de recursos naturais (agricultura, piscicultura, silvicultura, mineração e atividades equivalentes);
- ✓ Serviços Públicos ou de Utilidade Pública (estação de tratamento de água e esgoto, reservatório de água, cemitério e equipamentos urbanos equivalentes);
- ✓ Comercial (depósito e armazenagem, estacionamento e garagem para veículos, feiras livres e equipamentos urbanos equivalentes);
- ✓ Recreação e lazer ao ar livre (praças, parques, áreas verdes, campos de esporte e equipamentos urbanos e equivalentes);
- ✓ Transporte (rodovias, ferrovias, terminais de carga e passageiros, auxílio à navegação aérea e equipamentos urbanos equivalentes);
- ✓ Industrial.

ÁREA II – Área do PZR compreendida entre as curvas de nível 1 e 2 ($75\text{dB(A)} \leq \text{DNL} < 65\text{dB(A)}$), onde são registrados níveis de incômodo sonoros significativos, de acordo com a Portaria 1141 GM5 (revogada em 2011).

No que diz respeito à Área II, não são permitidas as seguintes atividades (art.70):

- ✓ Residenciais, de Saúde (hospital e ambulatório, consultório médico, asilo e equipamentos urbanos equivalentes),
- ✓ Educacionais (escola, creche e equipamentos urbanos equivalentes),
- ✓ Serviços Públicos ou de Utilização Pública (hotel e motel, edificações para atividades religiosas, centros comunitários e profissionalizantes e equipamentos urbanos equivalentes),
- ✓ Cultural (biblioteca, auditório, cinema, teatro e equipamentos urbanos equivalentes).

ÁREA III – Área do PZR exterior à curva de nível de ruído 2, onde os níveis sonoros registrados são inferiores a $\text{DNL } 65\text{dB(A)}$ e no qual a legislação aeronáutica não define restrições em relação ao uso do solo. Todavia podem ser eventualmente estabelecidas pelo Plano Específico de Zoneamento de Ruído (Art.71) com relação aos níveis de incômodo sonoro.

Todo parcelamento do solo localizado em área do Plano de Zoneamento de Ruído deve observar o disposto nos Arts. 69 e 70 (Art. 73). Todavia, as restrições poderão ser alteradas na elaboração de um Plano Específico de Zoneamento de Ruído em função de necessidades locais, mediante ato do Ministro da Aeronáutica (Art. 72).

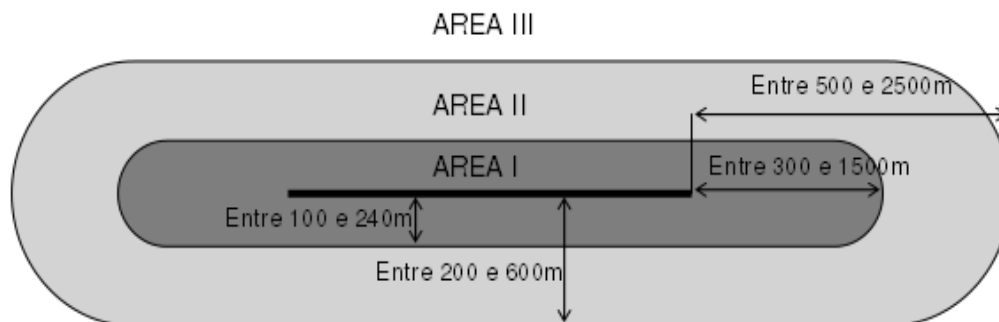


Figura 4-2: Modelo de PBZR Fonte: GERA (2009).

Nas áreas I e II são proibidas a instalação, sem tratamento acústico apropriado de atividades sensíveis ao ruído como residências, escolas e centros de saúde.

O PZR pode ser básico (PBZR) (ver Figura 4-2) ou específico (PEZR). O PBZR é elaborado baseado em perfis operacionais padronizados e possui curvas com formas simplificadas e majoradas que visa facilitar a aplicação do plano para aeródromos de pequeno porte com pouco movimento de aeronaves e que não dispõe de recursos para a elaboração de um PEZR, ver Tabela 4-1.

TABELA 4-1 – Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas por PBZR.

Uso do Solo	Nível de ruído médio dia-noite (dB)		
	Abaixo de 65	65 - 75	Acima de 75
Residencial			
Residências uni e multifamiliares.	S	N(1)	N
Alojamentos temporários (Exemplos: hotéis, motéis e pousadas ou empreendimentos equivalentes).	S	N(1)	N
Locais de permanência prolongada (Exemplos: presídios, orfanatos, asilos, quartéis, mosteiros, conventos, apart-hotéis, pensões ou empreendimentos equivalentes).	S	N(1)	N
Usos Públicos			
Educacional (Exemplos: universidades, bibliotecas, faculdades, creches, escolas, colégios ou empreendimentos equivalentes).	S	N(1)	N
Saúde (Exemplos: hospitais, sanatórios, clínicas, casas de saúde, centros de reabilitação ou empreendimentos equivalentes).	S	30	N
Igrejas, auditórios e salas de concerto (Exemplos: igrejas, templos, associações religiosas, centros culturais, museus, galerias de arte, cinemas, teatros ou empreendimentos equivalentes).	S	30	N

Fonte: ANAC (2011)

NOTA:

S (Sim) = usos do solo e edificações relacionadas compatíveis sem restrições.

N (Não) = usos do solo e edificações relacionadas não compatíveis.

25, 30, 35 = usos do solo e edificações relacionadas geralmente compatíveis. Medidas para atingir uma redução de nível de ruído – RR de 25, 30 ou 35dB devem ser incorporadas no projeto/construção das edificações onde houver permanência prolongada de pessoas.

- (1) Sempre que os órgãos determinarem que os usos devam ser permitidos, devem ser adotadas medidas para atingir uma RR de pelo menos 25dB.
- (2) Edificações residenciais requerem uma RR de 25dB.
- (3) Edificações residenciais requerem uma RR de 30dB.
- (4) Edificações residenciais não são compatíveis.

O PEZR é organizado a partir de perfis operacionais específicos, que visa representar melhor as características físicas e operacionais de cada aeródromo. Ele define com maior exatidão os usos do solo compatíveis e incompatíveis com os níveis de ruído aeronáutico, acarretando menor prejuízo para a sociedade e maior facilidade de adequação dos usos por parte das Prefeituras Municipais das áreas abrangidas pelos planos, ver Tabela 4-2.

TABELA 4-2 – Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas por PEZR.

Uso do Solo	Nível de ruído médio dia-noite (dB)					
	< 65	65-70	70-75	75-80	80-85	> 85
Residencial						
Residências uni e multifamiliares.	S	N(1)	N(1)	N	N	N
Alojamentos temporários (Exemplos: hotéis, motéis e pousadas ou empreendimentos equivalentes).	S	N(1)	N(1)	N(1)	N	N
Locais de permanência prolongada (Exemplos: presídios, orfanatos, asilos, quartéis, mosteiros, conventos, apart-hotéis, pensões ou empreendimentos equivalentes).	S	N(1)	N(1)	N	N	N
Usos Públicos						
Educacional (Exemplos: universidades, bibliotecas, faculdades, creches, escolas, colégios ou empreendimentos equivalentes).	S	N(1)	N(1)	N	N	N
Saúde (Exemplos: hospitais, sanatórios, clínicas, casas de saúde, centros de reabilitação ou empreendimentos equivalentes).	S	25	30	N	N	N
Igrejas, auditórios e salas de concerto (Exemplos: igrejas, templos, associações religiosas, centros culturais, museus, galerias de arte, cinemas, teatros ou empreendimentos equivalentes).	S	25	30	N	N	N

Fonte: ANAC (2011)

NOTA:

S (Sim) = usos do solo e edificações relacionadas compatíveis sem restrições.

N (Não) = usos do solo e edificações relacionadas não compatíveis.

25, 30, 35 = usos do solo e edificações relacionadas geralmente compatíveis. Medidas para atingir uma redução de nível de ruído – RR de 25, 30 ou 35dB devem ser incorporadas no projeto/construção das edificações onde houver permanência prolongada de pessoas.

- (1) Sempre que os órgãos determinarem que os usos devam ser permitidos, devem ser adotadas medidas para atingir uma RR de pelo menos 25dB.
- (2) Edificações residenciais requerem uma RR de 25dB.
- (3) Edificações residenciais requerem uma RR de 30dB.
- (4) Edificações residenciais não são compatíveis.

A métrica DNL ou “nível de ruído dia-noite” foi escolhida para a elaboração das curvas de ruído por possuir diversas vantagens, como:

- a. domínio abrangente na comunidade de profissionais da acústica;
- b. referência corrente em documentação da OACI;
- c. uso preferencial em questões de ruído aeronáutico.

4.6 Obtenção de dados por intermédio das medições do evento de ruído aeronáutico.

A medição do ruído aeronáutico é uma ferramenta indispensável no estudo de impacto ambiental de um aeroporto. Porém, inúmeras variáveis podem contribuir para o fracasso de uma medição. O problema mais comum é o de discriminar a diferença entre o ruído originado da passagem de uma aeronave e outro tipo de ruído advindo de uma fonte eventual. Por exemplo, o programa de monitoramento de ruído de alguns aeroportos envolve a medição em estações móveis composta por um veículo dotado dos equipamentos necessários à medição. Este último é deslocado periodicamente na comunidade vizinha, podendo frequentemente captar sons como latidos de cachorros ou crianças brincando.

Segundo WALLIS (2002), apenas no início dos anos 90 surgiu o primeiro equipamento para monitoramento do ruído de aeroportos com uma sofisticação que permitiu uma melhor definição dos dados. A empresa do Reino Unido *Cirrus Research* introduziu o *sound gate* permitindo uma exatidão de 98%. O perfil típico em um gráfico de um sobrevoo se caracteriza por uma linha de saída do nível sonoro seguido de uma linha de descida. Ademais, o valor máximo do nível da curva de saída depende da constante de tempo adotada.

Já FARINA (1995), afirma que ao aumentar o tempo de integração do equipamento, reduz-se o valor máximo resultante da medição. Logo, a constante de tempo *FAST* oferece um gráfico mais detalhado, em comparação ao da constante *SLOW*. Assim como o tempo de integração de 1 segundo, que apresenta um perfil mais detalhado, se comparado ao de 2 segundos.

4.6.1 Recomendações da ISO 1996

Como já foi dito, a norma ISO 1996/1 coloca o nível de pressão sonora equivalente contínua ponderado com a curva A como o melhor descritor do ruído ambiental. Então, as medidas do ruído devem ser sempre expressas em termos dessa grandeza, mesmo se complementadas com correções ou com outros descritores.

O filtro de ponderamento em A é o que mais se aproxima de como o ouvido humano percebe o ruído, ignorando as baixas frequências. Segundo PILLAY *et al.*

(2011), a população residente mais próxima do aeroporto tem uma maior sensibilidade as frequências mais altas resultantes do ruído aeronáutico (ver Apêndice D).

A instrumentação para medição do ruído ambiental deve compreender um medidor de nível de pressão sonora que integre e tire a média para ponderação em frequência segundo a curva A e para ponderação no tempo lenta (*slow*). As medidas devem ser associadas a intervalos de tempo para serem gravadas. Como alternativas amostragens ou análises de distribuição estatística podem ser utilizadas também (ISO 1996/1, 1982).

A configuração para a calibração de todo o equipamento deve seguir atentamente às instruções do fabricante. Uma calibração em intervalos de tempo (por exemplo, anualmente) deve ser prescrita pelas autoridades responsáveis pelo uso dos resultados das medições (ISO 1996/1, 1982).

Além disso, o medidor sonoro deve ser calibrado antes e depois de cada série de medições porque o calibrador verifica a sensibilidade do aparelho ajustando-a, se necessário, garantindo, com isto, a precisão dos resultados (BRÜEL & KJÆR, 2000).

A localização dos pontos de medição depende do objetivo das medições conforme as estabelecidas pela norma ISO 1996/1 (1982). No caso de medidas externas, quando se é desejável minimizar a influência de reflexões na medição, sempre que possível, deve-se executar a medição a pelo menos 3,5m de qualquer estrutura reflexiva, com exceção do solo.

Preferencialmente, em regiões próximas a edificações o microfone deve estar de 1 a 2m da fachada e de 1,2 a 1,5m do solo. Caso seja desejável a redução da influência das reflexões, as medições devem ser feitas a pelo menos 3,5m de qualquer estrutura reflexiva, quando possível. Caso as medições sejam efetuadas de 1 a 2m da fachada, deve-se subtrair 3dB do valor medido (ISO 1996/2, 1987).

4.6.1.1 *Grandezas meteorológicas*

Os níveis sonoros são afetados pelas condições meteorológicas, especialmente quando a distância de propagação é grande, devendo-se medi-las, nesses casos (ISO 1996/1, 1982). Se a distância entre a fonte e o receptor for de aproximadamente 30m ou mais, as mudanças nas condições meteorológicas podem influenciar no nível sonoro recebido (ISO 1996/3, 1987).

Informações sobre as condições meteorológicas prevalentes na área a ser estudada devem ser adquiridas, principalmente, como informações estatísticas da velocidade e de direção do vento, da precipitação e da temperatura (incluindo a ocorrência de inversões térmicas) de um intervalo de tempo típico, tal como um ano ou qualquer outro intervalo de tempo adequado, se possível (ISO 1996/2, 1987).

As condições meteorológicas do momento da medição do ruído devem ser registradas conforme as determinações da ISO 1996/1 (1982). Além disso, em mapeamentos sonoros, na prática tem-se realmente registrado a temperatura, a umidade relativa e a velocidade do vento.

4.6.2 Recomendações da ISO 3891

A norma ISO 3891 (1978) fornece os procedimentos para identificar o ruído proveniente das operações das aeronaves, especificando a finalidade para quais esses métodos podem ser usados, incluindo certificação de aeronaves, monitoramento de níveis de ruído ou de exposição ao ruído e planejamento de uso do solo. Os procedimentos dividem-se em dois níveis de sofisticação de medições:

- a) Aquelas que requerem análise espectral em função do tempo, usada para a certificação de aeronaves, na qual é requerida uma alta confiabilidade de resultados;
- b) Aquelas que requerem apenas a ponderação em frequência, em que a sofisticação das medições é reduzida por simplicidade ou baixo custo.

Deve-se ressaltar que, o segundo procedimento se diferencia do primeiro por não exigir a análise espectral em 1/3 de oitava e permitir a medição apenas do nível com a curva de ponderação A.

Devido a uma sucessão de operações, a norma recomenda o uso do segundo procedimento para obter as características de ruído de cada aeronave, com os resultados expressos em L_{EPN} ou L_{AX} para cada ponto de medição em medições de exposição ao ruído. No entanto, também é indicado o uso do primeiro procedimento para obter dados mais refinados (ISO, 1978, p. 10).

Ambos os procedimentos indicam que deve ser usado um microfone unidirecional, com características dinâmicas *SLOW*, na ponderação D ou A. Em casos especiais, por exemplo, em voo baixo de uma aeronave em alta velocidade, a

característica dinâmica *FAST* pode ser necessária para obter uma medição mais representativa. A diferença básica entre o uso das características *FAST* ou *SLOW* do equipamento foi apresentada por (FARINA, 1995) e pode ser explicada sucintamente da seguinte maneira: a constante *FAST* proporciona dados mais detalhados, porém, apresenta o L_{max} maior em relação à constante *SLOW*.

Ainda em relação ao microfone recomendado pela ISO (1978), GERGES (2000) explica que existem três tipos de microfones de pressão que são projetados para responder na direção tangencial da membrana: de resposta de pressão, de resposta campo livre e de resposta campo aleatório. Esse último, chamado também de onidirecional, é o recomendado pela ISO 3891. A ISO também determina que as condições físicas do ambiente escolhido para as medições devem ser as seguintes:

- a) não pode haver obstrução;
- b) o ruído de fundo não pode ser percebido e, segundo a referida norma, as medições de ruído serão consideradas confiáveis apenas quando a medida máxima de nível de ruído da aeronave exceder o nível de ruído de fundo, em no mínimo, 20 dB;
- c) a superfície do solo não deve possuir absorção sonora excessiva, como por exemplo, aquelas que possuem algum tipo de vegetação;
- d) o material de referência em relação ao coeficiente de absorção é o concreto;
- e) a superfície do solo deve ser horizontal, dentro de uma tolerância de 3 graus de inclinação;
- f) as pessoas também são consideradas como obstruções;
- g) a velocidade do ar não deve ser maior que 5m/s, considerando uma altura de 10m acima do solo.

As condições atmosféricas possuem grande influência na propagação do som e para que haja confiabilidade nos dados coletados, as medições não devem ser realizadas na ocorrência de precipitações. E, para umidade relativa menor que 20%, a temperatura atmosférica não deve ser menor que 5°C.

4.7 Utilização de informações por satélite para a identificação de área, de receptores críticos e de suas coordenadas geográficas.

O objetivo da coleta de informações por satélites é o de constituir um referencial que seja o mais fiel possível acerca da realidade de determinado terreno. Os principais métodos existentes são:

- ✓ a) fotografia aérea, onde cada área é mapeada, otimizada e limpa de eventuais imperfeições óticas, distorções de coordenadas, e enfim, agrupada com outras imagens similares, compondo um painel. Tal correção e melhoramento das imagens denomina-se ortofotografia. Já a ciência de reagrupagem das várias imagens extraídas é denominada fotogrametria;
- ✓ b) imagens via satélite (exemplos: "Spot", "Landsat", "Ikonos", entre outros) extraídas através de teledetecção;
- ✓ c) a análise direta do relevo in loco, feita por meio de métodos de topografia, e catalogados obtidos com o auxílio de terminais equipados com sistema de GPS (*Global Positioning System*) que permitem o acesso a informações em tempo real do objeto geográfico e a dados de sua localização.
- ✓ d) a catalogação e digitalização de documentos em papel já existentes, como por exemplo: censos populacionais, cadastros com funções de cobrança, recenseamento, pesquisa e tomada de decisões por parte do poder público entre outros.

Para esta Tese, a ferramenta escolhida para a obtenção de informações por satélite foi o *Google Earth*. Essa ferramenta é um programa de computador desenvolvido e distribuído pela empresa americana *Google* cuja função é apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre, construído a partir de mosaico de imagens de satélite obtidas de fontes diversas, como imagens aéreas (fotografadas de aeronaves) e GIS³¹ 3D. Dessa forma, o programa pode ser usado simplesmente como um gerador de mapas bidimensionais e imagens de satélite ou como um simulador das distintas paisagens presentes no planeta Terra. Com isso, é possível identificar lugares,

³¹ *Geographic Information System*

construções, cidades, paisagens, entre outros elementos. Na Figura 4-3 é possível identificar uma das cabeceiras do aeroporto de Congonhas.



Figura 4-3: Imagem de satélite de uma das cabeceiras do aeroporto de Congonhas. **Fonte:** GoogleEarth (2012)

O tipo ou a natureza das atividades potencialmente afetadas devem ser considerados, como por exemplo, na interferência na fala (escolas, etc.). Para esta Tese foram escolhidas áreas sensíveis ao ruído aeronáutico, nomeadas de receptores críticos, entre instituições de ensino e saúde.

Os receptores críticos foram determinados a partir de suas coordenadas, obtidas no (*GoogleEarth*) para, posteriormente, serem georreferenciadas no mapa.

4.8 Trabalhar os dados obtidos com o auxílio de ferramentas computacionais.

Foram utilizados nesta Tese os seguintes programas computacionais e equipamentos para a coleta dos dados: INM – *Integrated Noise Model* versão 7.0 – LAVI³² /COPPE³³ /UFRJ³⁴, Auto CAD – LAVI/COPPE/UFRJ e TransCAD – LAVI/COPPE/UFRJ e medidor de pressão sonora (Sonômetro).

³² Laboratório de acústica e vibração

³³ Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia

4.8.1 *Integrated Noise Model*

No Brasil, as curvas de ruído são traçadas com o auxílio do *Integrated Noise Model* (INM) e o *Heliport Noise Model* (HNM), softwares produzidos pela *U.S. FAA (Federal Aviation Administration)*. O INM é usado para avaliar o impacto sonoro resultante da ampliação ou da construção de novas pistas de pouso e decolagem, as novas demandas de tráfego e de composição das frotas de aeronaves, a revisão de rotas e de estruturas aeroespaciais, as alternativas de perfis de voo e a modificação de outros procedimentos operacionais (FAA, 1997).

A justificativa para adoção do INM dá-se pelo seu largo uso nos estudos de ruídos provenientes da atividade aeroportuária, inclusive recomendado pela FAA.

Em 1978, as reclamações dos ruídos emitidos pelas aeronaves nos aeroportos dos Estados Unidos motivaram o desenvolvimento de um modelo computacional que permitiu gerar uma indicação dos locais de mesma intensidade de ruído durante o pouso e a decolagem das aeronaves.

Denominado de INM, foi desenvolvido pela FAA, *Office of Environment and Energy* (FAA, AEE-100) com suporte da *John A. Volpe National Transportation Systems Center, Acoustic Facility (Volpe Center)* (OLMSTEAD *et al.*, 2002). Atualmente, o INM está na versão 7.0b para plataforma Windows (setembro de 2009).

O modelo utiliza informações das rotas das aeronaves, o mix de operação da frota (tipos de aeronaves), os procedimentos de voos padrão ou definidos pelo usuário, e a entrada do relevo da área aeroportuária. Ainda podem ser introduzidos dados do censo populacional e plantas do projeto do aeroporto.

No INM, os perfis das aeronaves e os algoritmos de cálculo são baseados na metodologia proposta pelos documentos SAE-AIR-1845 – *Procedure for the Calculation of Airplane Noise in the Vicinity of Airports* (SAE, 1986), SAE - AIR - 1751, *Prediction Method for Lateral Attenuation of Airplane Noise During Takeoff and Landing* (SAE, 1991) e SAE-ARP-866A – *Standard Values of Atmospheric Absorption as a Function of Temperature and Humidity*.

O programa INM não considera os perfis de temperatura, o gradiente do vento, os efeitos da umidade, a absorção do solo, as barreiras e os edifícios. Ele se baseia nos valores médios e é projetado para estimar os efeitos de longo prazo (valores médios

³⁴ Universidade Federal do Rio de Janeiro

anuais). Por esse motivo, algumas diferenças entre os valores previstos e medidos podem ocorrer, pois é possível que variáveis acústicas locais importantes não sejam consideradas.

A média anual do nível sonoro é definida pela *FAR Part 150 Sec. A150.205(c)* como sendo a média dos 365 dias do ano, em decibéis, obtida em DNL que é a média do nível sonoro no período diurno e noturno. O período a ser considerado é o seguinte: diurno das 07h-22h e noturno das 22h-07h (horário local).

A média anual diária definida será a que melhor represente um dia típico do aeroporto. Para o cálculo desta média considera-se: o número de operações, o tipo de operação, a rota das operações, a configuração das pistas, o peso das aeronaves, a temperatura, a velocidade e a direção do vento. No Apêndice B será possível ter um melhor entendimento dessa ferramenta. Nele constam as seguintes informações sobre: o banco de dados do INM, as técnicas de segmentação para o cálculo do nível de exposição gerado por uma aeronave, a descrição do modelo e as aplicações do INM.

4.8.2 Sistema de Informações Geográficas (SIG).

O SIG é um conjunto de sistemas de softwares e hardwares capazes de produzir, armazenar, processar, analisar e representar inúmeras informações sobre o espaço geográfico, tendo como produto final mapas temáticos, imagens de satélites, cartas topográficas, gráficos e tabelas. Esses produtos são importantes para a análise de evoluções espaciais e temporais de um fenômeno geográfico e as inter-relações entre diferentes fenômenos espaciais.

Uma das principais aplicações do SIG é no planejamento e no ordenamento territorial, como o planejamento urbano de uma cidade, o planejamento ambiental, citando o controle e o monitoramento do desmatamento na Amazônia, como por exemplo.

O SIG é uma ferramenta que vem sendo utilizada cada vez mais pelos órgãos públicos e privados, pois permite aproveitar ao máximo as informações coletadas. O último censo, realizado pelo IBGE em 2010, utilizou-se do referida ferramenta para a coleta, o armazenamento e o tratamento dos dados colhidos. São exemplos de aplicações de SIG: geoprocessamento, sensoriamento remoto e o GPS. Cada uma dessas três ferramentas tem uma função específica.

O sensoriamento remoto é um conjunto de técnicas utilizado para a captação de imagens por meio de sensores de satélites acoplados a equipamentos fotográficos e scanners, *que* permite obter informações de um determinado objeto sem entrar em contato físico com ele.

O GPS é o Sistema de Posicionamento Global (sigla derivada do inglês *Global Positioning System*), que atende como um instrumento que permite a localização de uma pessoa ou um objeto espacial a partir de suas coordenadas geográficas, latitude e longitude. Atualmente, esse dispositivo vem sendo utilizado em diversos setores da economia, como na agricultura e no rastreamento de carga de veículos. Com os problemas de trânsito enfrentados nas grandes cidades, vem se tornando um item indispensável à navegação e à orientação aos motoristas de carro.

O geoprocessamento é a técnica de coleta e processamento de dados espaciais. Esse processo envolve informações coletadas tanto pelo sensoriamento remoto quanto pelo GPS.

O georreferenciamento dá-se a partir de uma informação geográfica (imagem, mapa ou qualquer outra forma) obtida por suas coordenadas conhecidas num dado sistema de referência. Este processo inicia-se com a obtenção das coordenadas (*GoogleEarth*) pertencentes ao sistema no qual se pretende georreferenciar, de pontos da imagem ou do mapa a serem georreferenciados, conhecidos como pontos de controle. Para maiores detalhes sobre o SIG, ver Apêndice C.

4.9 Conclusões.

Quanto às referências normativas legais no caso do ruído aeronáutico, a emissão de ruído produzido por aeronaves obedece às normas expedidas pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil) que estabelece restrições operacionais com relação a certas aeronaves (Capítulo 2 e NNC). Para esta Tese, as normas ou regulamentos que merecem destaques são:

- ✓ Portaria Nº 0629/GM5, de 02/05/1984 (Anexo LXXXIX) – Aprova o Plano Específico de Zoneamento de Ruído do Aeroporto Internacional de São Paulo - SP (Congonhas). Ver Anexo A.

- ✓ PORTARIA Nº 1.141/GM5, DE 8 DE 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. (Revogada em 2011). A maioria dos PEZR atuais foi realizada de acordo com essa portaria.

- ✓ Regulamento Brasileiro da Aviação Civil – RBAC Nº161/2011 – Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos – PZR.

Disciplinar o uso do solo em torno dos aeroportos não serve apenas ao intuito de reduzir o impacto do ruído sob uma população em crescimento, mas garantir que a comunidade possua regras conhecidas e consensuais de como irá desenvolver-se a partir da realidade a que se apresenta.

As áreas circundantes aos aeródromos devem submeter-se ao disciplinamento que objetiva garantir um nível adequado de segurança operacional e de preservação da própria comunidade, denominando-se de “áreas especiais aeroportuárias”, cujos instrumentos básicos seriam (CALDAS, 2008):

- Planos de Zoneamento de Ruído Aeronáutico (PZR);
- Planos de Zona de Proteção de Aeródromos (PZP);
- Área de Segurança Aeroportuária (ASA).

De acordo com a RBAC 161, da ANAC, que determina a obrigatoriedade dos Planos Básico e Específicos de Zoneamento de Ruído é indispensável, no mínimo, a elaboração de duas curvas de ruído, uma para DNL 75dB(A) e a outra para DNL 65dB(A). Através dessa orientação, faz-se necessária apenas a avaliação do incômodo sonoro para a população residente dentro destas curvas. Entretanto, valores menores que 65dB(A), os quais resultariam em uma curva de ruído maior e, portanto, abrangendo maior número de pessoas, ficariam omitidos. Uma avaliação correta deveria ser feita com um número maior de curvas de ruído, principalmente, com valores abaixo de 65dB(A).

A legislação vigente no Brasil expõe outra questão: de que os valores de DNL 65 e 75dB(A) são os valores mínimos para cada área delimitada. Isto é, a área formada por DNL 65dB(A) compreende o valor de DNL 74dB(A) nas proximidades da curva de DNL 75dB(A).

CAPÍTULO 5

Por que o DNL? Adoção de Métricas Complementares.

O DNL associado ao ruído aeronáutico considera a magnitude dos níveis sonoros de todos os eventos pontuais que ocorrem durante um período de 24 horas, a totalidade do número de eventos e o aumento da sensibilidade ao ruído durante as horas típicas de sono. O DNL é uma média, uma vez que acumula toda a exposição ao ruído durante um período de 24 horas e divide o total pelo número de segundos em um dia. Como descrito no relatório técnico da FICON – *Federal Interagency Committee on Noise*, a natureza logarítmica da unidade decibel (dB) no qual é baseado o DNL faz com que os níveis sonoros de magnitudes mais elevadas (mesmo que pontuais) controlem a média diária de 24 horas.

Essa métrica é utilizada no Brasil e no exterior para mensurar o ruído aeronáutico e é utilizada na definição do zoneamento aeroportuário através das curvas de ruído. Ela corresponde à média da energia sonora produzida por todos os eventos aeronáuticos ocorridos durante as 24 horas do dia.

A utilização dessa métrica para o zoneamento aeroportuário foi originada no trabalho de SCHULTZ [1978] que estudou a relação entre o DNL e a percentagem de pessoas altamente incomodadas, revisto posteriormente por FIDELL [1988].

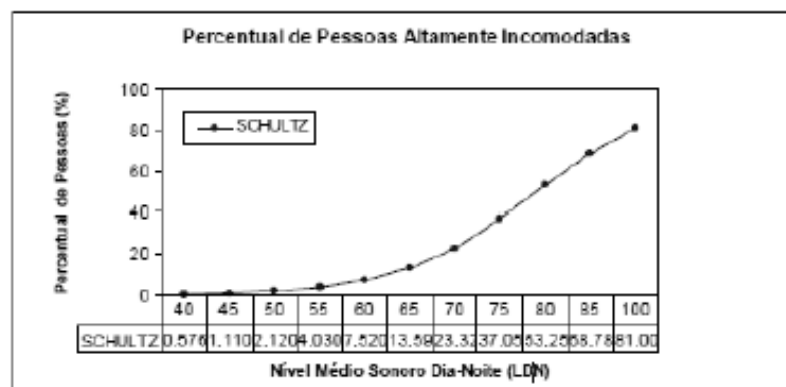


Figura 5-1: Relação de pessoas altamente incomodadas e o DNL. Fonte: Schultz (1978).

Ao considerar o período noturno é o mais sensível ao ruído, o DNL majora os efeitos do ruído do horário correspondente à noite aplicando uma penalidade de 10dB à parcela de ruído compreendido entre as 22h e as 7h. Isso se faz necessário, a fim de refletir o potencial de incômodo adicional devido à perturbação do sono, interferência na fala, entre outros efeitos. A expressão do DNL em função do nível sonoro instantâneo pode ser vista na Equação 5.1. Neste caso acrescenta-se 10dB(A) ao período noturno.

$$DNL = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{3600 \cdot 24} \left[\int_{7:00}^{22:00} 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt + \int_{22:00}^{7:00} 10^{\frac{L_A(t)+10}{10}} dt \right] \right\} \quad (5.1)$$

Na qual:

t: é o tempo total em segundos;

$L_A(t)$: é o nível sonoro ponderado na escala A, durante o intervalo de tempo t.

O processo de adição logarítmica, pelo qual os valores dos DNLs parciais são combinados e podem ser aproximados pelas seguintes directrizes:

Tabela 5-1– Processo de adição Logarítmica de DNLs.

Quando dois DNLs diferir por	Adicione o seguinte montante para o valor mais elevado
0 ou 1 dB(A)	3 dB(A)
2 ou 3 dB(A)	2 dB(A)
4 para 9 dB(A)	1 dB(A)
10 dB(A) ou mais	0 dB(A)

Fonte: AUTOR (2016)

Por exemplo:

70 dB(A) + 70 dB(A) (diferença: 0 dB(A)) = 73 dB(A)

60 dB(A) + 70 dB(A) (diferença: 10 dB(A)) = 70 dB(A)

Ao adicionar o ruído de um evento relativamente calmo (60dB(A)) aos resultados de um evento relativamente ruidoso (70dB(A)) é obtida como resposta um valor de 70dB(A), enquanto que o evento mais silencioso tem apenas 1/10 da energia sonora do evento mais ruidoso. Logo o evento mais silencioso está abafado pelo evento mais ruidoso e não há um nível global de ruído percebido pelo ruído humano (CULBERSON, 2011).

Às vezes, o uso de métricas complementares é realizado para complementar os estudos feitos utilizando a métrica DNL tanto para distúrbios do sono quanto para problemas de interferência na fala, principalmente, em locais específicos onde o DNL é inferior a 65dB. Além disso, a métrica DNL é insuficiente para considerar separadamente os efeitos diurnos e noturnos do ruído. Uma vez que o DNL corresponde à média de energia sonora produzida por todos os eventos aeronáuticos ocorridos durante as 24 horas do dia.

Na maioria dos casos é inserida a métrica acumulada L_{eq} (nível sonoro equivalente) por períodos variáveis representativos de tempo. À parte da métrica citada, há outras que podem ser utilizadas para uma análise suplementar, tais como: SEL (nível de exposição sonora), SPL (Nível de Pressão Sonora Terceiro Oitava de Banda), L_{max} (Nível sonoro máximo ponderado-A) e TA (*Time Above* - expresso em minutos para as aeronaves relacionadas que excedam o ruído dos níveis sonoros ponderadas especificados).

Nos EUA, incluem-se também a métrica CNEL (nível equivalente de ruído comunitário) utilizada no estado americano da Califórnia. Essa métrica inclui uma penalidade de 5dB para ruídos no intervalo das 07:00 e 22:00 horas e uma penalidade de 10dB no intervalo das 22:00 e 07:00 horas.

Na Austrália está em ampla discussão o N70: o número de eventos acima de 70dB(A) na média de um dia. Ele vem sendo usado porque equivale a um evento de ruídos que dificultam a compreensão dos sujeitos em uma atividade comunicativa ou mesmo no reconhecimento de outros sons do cotidiano dentro de uma casa com as janelas abertas.

Na Europa, a Diretiva Européia 2002/49/EC indica os parâmetros $L_{eq,den}$ (indicador do nível de pressão sonora dia-entardecer-noite) como indicador de longo prazo. Essa métrica foi utilizada na implementação da Tabela 2-1, referente ao impacto de ruído na saúde humana (OMS, 2012). O $L_{eq,den}$ é definido pela Equação 5.2:

$$L_{eq,den} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,dia}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,ent}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{Aeq,noite}+10}{10}} \right) \right] \quad (5.2)$$

O $L_{eq,dia}$ é o nível de pressão sonora equivalente e contínua referente a um período correspondente a 12h de avaliação entre 7h e 19h, medido com o filtro de frequências na ponderação A. Enquanto $L_{eq,ent}$ é o nível de pressão sonora equivalente e contínua referente a um período correspondente a 4h de avaliação entre 19h e 23h (entardecer/anoitecer), medido com o filtro de frequências na ponderação A. Já o $L_{eq,noite}$ é o nível de pressão sonora equivalente e contínua referente a um período correspondente a 8h de avaliação entre 23h e 7h, medido com o filtro de frequências na ponderação A.

Na Equação 5.2, o indicador $L_{eq,den}$ representa o nível de pressão sonora médio nas 24h do dia, com a aplicação de uma ponderação diferenciada para os ruídos emitidos durante os períodos do entardecer (correção + 5dB) e da noite (correção + 10 dB).

Análises complementares também podem ser realizadas utilizando-se dos vários recursos do software NOISEMAP (mapas de ruído) e do software INM para analisar pontos específicos. Uma das características das ferramentas de análise complementar é que elas podem ser usadas em combinação.

5.1 A importância das métricas complementares no caso brasileiro.

O propósito de uma análise suplementar de ruído é possibilitar que os resultados obtidos dos estudos dos efeitos de potenciais mudanças no ambiente ocasionados por uma ação governamental sobre o aeroporto cheguem a todos os interessados de forma específica e detalhada.

A análise deve ser adaptada ao público para melhor compreensão dos fatos pertinentes ao redor das mudanças e, por isso, o uso de métricas complementares selecionadas devem se encaixar às novas circunstâncias. Não existe uma metodologia suplementar única que seja preferível para todas as situações, para todos os tipos ou naturezas das atividades potencialmente afetadas devem ser consideradas, como por

exemplo, na interferência na fala (escolas etc) em que o uso de $L_{eq}(x)$ ou TA pode ser o mais apropriado.

Uma melhor explicação das mudanças operacionais pode ser considerada também como uma informação complementar que melhore significativamente a compreensão do público. Qualquer análise adicional precisa informar de forma clara e concisa a ambos: o governo (tomador de decisão) e o público afetado.

Essa Tese visa esclarecer a importância do uso de métricas complementares, principalmente, as de declarações de impacto para auxiliar a descrever os impactos de ruído em locais ou situações sensíveis a ruídos específicos.

A métrica DNL não é compatível com a sensibilidade ao ruído que se observa ao nível do solo (como é a NBR 10151) no entorno dos aeroportos, e sim, com o ruído de aviação. Em geral, as reclamações dos cidadãos em relação ao DNL_7 é de que eles não ouvem uma média de ruído, como fornece o DNL.

Na realidade, cada um tem o seu próprio ruído individual. Essa confusão leva à desconfiança e à conclusão de que o DNL não representa com uma fidedignidade suficiente o ruído que muitos cidadãos experimentam. Este detalhe geralmente só é percebido depois da inserção da curva de ruído DNL 65dB(A) no aeroporto, em que especialistas observam (e se surpreendem ao saberem) que milhões de pessoas vivem dentro da curva proposta e que a maioria delas têm algum nível de incômodo (geralmente alto) em relação ao ruído aeroportuário.

Alguns estudos sugerem a adoção de um nível inferior ao do DNL 65dB(A), mas em todos esses estudos durante a sua concepção não foi levado em conta o custo ou a viabilidade. Adotar limites inferiores ao do PEZR atual permitiria a inserção de milhões de pessoas que hoje não se localizam em áreas de risco. Além de aumentar o custo de mitigação do ruído em patamares bem acima ao do orçamento destinado ao setor, inviabilizando economicamente as medidas de mitigação de ruído que os governos teriam que implementar junto às agências responsáveis pelo setor aeronáutico.

Por uma variedade de razões, os cálculos de ruído e suas interpretações são frequentemente menos confiáveis para DNL inferiores a 65dB(A) em relação à saúde pública e ao bem-estar devido a importância do ruído não aeronáutico nessas regiões. Os modelos de previsão DNL tendem a perder a sua importância quando situados a grandes distâncias dos aeroportos, uma vez que os ruídos das aeronaves começam a ser mascarados pelo ruído ambiente não aeronáutico. Assim sendo, devido a uma possível

falta de exatidão, o nível DNL 65dB(A) não pode ser considerado como o único limite entre áreas residenciais e não residenciais.

Outro exemplo que justifica que o DNL 65dB(A) não pode ser considerado como referência é a divergência entre os valores das Tabelas 4-1 e 4-2 da norma RBAC 161, que tratam do PBZR e PEZR, dificultando a definição de restrições quanto ao uso do solo para DNL < 65dB. Ou seja, se uma escola situar-se em um nível de ruído de 66dB terá que adotar medidas de RR de 25dB, pois se encontra no intervalo entre 65 – 70dB em que se sugere uma RR de 25dB. Contudo, se essa mesma escola estiver situada em uma curva de ruído de 64dB, não seria necessário adotar alguma medida de restrição.

Ao se planejar e realizar a análise de ruído em um aeroporto, especialistas em Meio Ambiente devem considerar todo o contexto inclusive em seus arredores, estando cientes de que as resoluções da ANAC não englobam todas as situações relevantes, tais como: o meio ambiente (mais especificamente, fauna), os sítios arqueológicos e os seres humanos sensíveis ao ruído, como crianças e idosos. Análises suplementares de ruídos são apropriadas nas seguintes circunstâncias:

(a) Em áreas dentro de um sítio histórico, de parque nacional ou de refúgio da vida selvagem, onde o ruído é muito baixo. Um ambiente calmo é uma característica geralmente reconhecida ou considerada atributo de significância do lugar;

(b) Quando há efeitos da aviação sobre a vida selvagem porque as resoluções da ANAC são feitas para espécie humana;

(c) Na presença de receptores críticos, receptores esses sensíveis a qualquer ruído que afete a inteligibilidade da fala e/ou a saúde das pessoas.

Áreas sensíveis ao ruído (denominados nesta Tese como receptores críticos: escolas, igrejas, hospitais e similares, como por exemplo), são costumeiramente encontrados em regiões adjacentes da curva de ruído DNL 65dB(A) ou em níveis inferiores a este. Nesse caso, a adoção de métricas complementares auxiliariam os tomadores de decisão a implementarem medidas de mitigação de ruído mais apropriadas nesses locais específicos sensíveis ao ruído, especialmente, em análises de interferência na fala ou de distúrbio no sono.

Nos EUA, em um dos relatórios do FICON (Comitê Interagencial Federal dos EUA sobre ruído) recomendou-se o uso de métricas suplementares para melhor determinar os impactos de ruído em áreas sensíveis ao ruído. Segundo o comitê, a finalidade de uma análise suplementar é transmitir com mais especificidade e detalhe o efeito potencial de alterações no ambiente como o resultado de uma ação governamental no aeroporto.

Observa-se que esta Tese apenas englobou os receptores críticos e não as áreas residenciais, visto que o problema de *encroachment*³⁵ no Brasil é considerável. Qualquer proposta para solucionar esse problema tem a tendência de não ser levada a sério pelos órgãos responsáveis e muito menos pelo governo, que não vê com bons olhos qualquer medida que gere mal-estar com a população local (eleitores em potencial).

5.2 Escolha da métrica complementar a ser utilizada.

Existem muitas métricas de ruído que podem ser usadas, entre elas destaca-se o nível de pressão sonora equivalente (Leq). Este é o nível de ruído médio durante um período designado (normalmente < 24 horas). O nível de pressão sonora equivalente (Leq) ou LAeq se for ponderado em “A” (ver Apêndice D), representa o nível de um som contínuo (estacionário) que, em um intervalo de tempo específico, tem a mesma energia sonora do som em estudo, cujo nível varia com o tempo (ISO 1996/1, 1982).

Além de ser utilizado como padrão de análise para o ruído ambiental, o LAeq também é utilizado na avaliação da exposição ao ruído ocupacional. Ele representa o potencial de lesão auditiva do nível variável (oscilante) que depende não somente do seu nível como também da sua duração (GERGES, 2000 *apud* GERGES 2004). Assim o LAeq representa o nível do ruído contínuo (fixo) ao qual as pessoas estão sujeitas, em várias situações, devido aos diversos tipos de ruído, sendo equivalente ao ruído original que é variável.

O LAeq é o descritor sonoro mais importante. Quando, por exemplo, se avalia o ruído ambiental, medidas de banda larga são feitas utilizando-se a ponderação em frequência segundo a curva A.

³⁵ Invasão além dos limites permitidos

Geralmente, as normas de avaliação ambiental especificam qual ponderação no tempo deve ser utilizada. Existem as ponderações lenta, rápida e impulsiva (*slow, fast e impulsive*) (BRÜEL & KJÆR, 2000).

Na maior parte dos problemas relacionados ao ruído ambiental tem sido medido o nível de pressão sonora, utilizando-se resposta lenta (*slow*) e ponderação segundo a curva A (CASALI, 2000).

O nível de pressão sonora equivalente (LAeq) é definido, pela ISO 1996/1 (1982), por:

$$LA_{eq,T} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{\left(\frac{L_i}{10}\right)} \right] \quad (5.3)$$

Na qual:

T é o tempo total em horas;

Li: NPS (Nível de Pressão Sonora) em dB;

Ti: Tempo parcial em horas.

A pressão sonora é uma grandeza física correlacionada com a sensação subjetiva de intensidade do som. Ou seja, o quão intenso é o som percebido pelo ser humano (BISTAFA, 2006).

O nível de pressão sonora (Lp) é definido, pela ISO 1996/1 (1982), também por:

$$NPS = 10 \log_{10} \left[\left(\frac{prms}{p_o} \right)^2 \right], \text{ em dB} \quad (5.4)$$

Na qual:

NPS – Nível de Pressão Sonora;

prms – Raiz média quadrática das variações dos valores instantâneos da pressão sonora (N/m² ou μPa);

po – pressão sonora de referência, 20μPa (20 x 10⁻⁶N/m²), que corresponde ao limiar da audição na frequência de 1kHz (GERGES, 2000 *apud* NAGEM, 2004).

Por exemplo, esta métrica seria o ideal para determinar o nível de ruído total durante um dia de escola por um período de 8 horas (Leq 8), determinando se o ruído de aeronaves teriam ou não a capacidade de perturbar o ambiente de uma sala de aula. Conseqüentemente, surge a necessidade de incluir medidas de mitigação para a redução do nível de ruído.

O LAeq é a métrica mais usada na legislação brasileira para mensurar ruídos de diversas naturezas e, por esta razão, a métrica complementar escolhida por esta Tese como o instrumento para obtenção desta nova curva proposta foi o Leq (x). Esta métrica fornecerá maiores informações às autoridades competentes, além de ajudar o público a compreender melhor o ruído aeroportuário, colocando-o como um dos temas de interesse da comunidade.

A fim de calcular o nível sonoro em um receptor crítico usando o Leq será necessário definir um período de avaliação, que dependerá das características de tempo do ruído considerado. O LAeq pode ser calculado para o período de 24 horas referente à duração de um dia (LAeq₂₄). Entretanto, existe a necessidade de diferenciar o ruído diurno do noturno. Nesta Tese foi usada o LAeqD (no intuito de medir todo o período diurno, das 7h às 22h) e o LAeqN (no intuito de medir todo o período noturno, das 22h às 7h do próximo dia).

a. LAeqD

É o nível de potencia sonora durante um intervalo de tempo de 15 horas, entre 7h e 22h.

$$LAeq_D = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{15} \left[\int_{7:00}^{22:00} 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right] \right\} \quad (5.5)$$

Na qual:

t: é o tempo total em horas;

L_A(t): é o nível sonoro ponderado na escala A, durante o intervalo de tempo t.

b. L_{AeqN}

O L_{AeqN} representa a expressão logarítmica do nível de potencia sonora calculado no período noturno entre 22h e 7h, em um total de 9h. O L_{AeqN} é determinado pela equação 5.6.

$$L_{AeqN} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{9} \left[\int_{22:00}^{7:00} 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right] \right\} \quad (5.6)$$

Na qual:

t: é o tempo total em horas;

$L_A(t)$: é o nível sonoro ponderado na escala A, durante o intervalo de tempo t.

5.2.1 Norma ABNT NBR 10151.

Para auxiliar os trabalhos dos fiscalizadores e regulamentar os padrões e limites, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) dispõe de duas normas: a NBR 10151 e 10152, anteriormente citadas no Capítulo 3 desta Tese, que delimitam as áreas e limites em dB permitidos. Essas normas têm por objetivo a avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto acústico e a permanência do sossego urbano em diversas áreas, tanto industrial como urbana. As normas exemplificam algumas das áreas, tais como: hospitais, escolas, hotéis, residências, auditórios, restaurantes, escritórios, templos religiosos e locais voltados para a prática de esportes.

No Brasil, a regulamentação urbana para o controle da poluição sonora baseia-se em uma comparação entre o nível de pressão sonora corrigido L_c e o nível de critério de avaliação NCA estabelecido de acordo com os critérios mostrados na Tabela 5-2 da norma ABNT NBR 10151 para os períodos diurno e noturno. As colunas 2 e 3 da norma representam os níveis critério de avaliação para os períodos diurnos e noturnos de cada área.

Tabela 5-2– Nível Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(A).

Tipos de áreas	NCA Diurno	NCA Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: NBR 10.151 (2000)

O nível corrigido L_c para ruído sem caráter impulsivo e sem componentes tonais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente, L_{Aeq} dB(A).

O L_{AeqD} (Nível sonoro equivalente diurno) e o L_{AeqN} (Nível sonoro equivalente noturno), que são as métricas derivadas da NBR 10151 fornecem o nível de potencia sonora para cada período do dia. Ao contrário da métrica DNL, utilizada no PEZR, que calcula as curvas para um período de 24h. Assim, verifica-se que as curvas de ruído em DNL abrangem áreas mais distantes, mas não expressam com exatidão o efeito da predominância de utilização de uma determinada trajetória, como por exemplo, durante o dia, afetando uma determinada área, e o efeito da predominância do uso de outra trajetória à noite, afetando uma área diferente. No caso da aplicação do DNL, observa-se a aplicação de uma referência que indica a expectativa de reação das pessoas em relação do ruído.

Para esta Tese foram elaboradas as curvas de ruído nas métricas L_{AeqD} e L_{AeqN} por meio do software INM 7.0 (ver Apêndice B) visando a uma análise prévia e complementar do impacto do ruído aeronáutico no entorno do aeroporto. Essas curvas são compatíveis com a norma ABNT NBR 10151, na qual existe uma separação dos níveis critério de avaliação diurno e noturno.

Essa perspectiva considera a possibilidade de visualizar com maior exatidão as áreas que, pelo uso de uma determinada trajetória, estão mais expostas ao ruído durante o dia ou durante a noite. Além de identificar a área de influência acústica do aeroporto também possibilita identificar os receptores críticos que passarão por medidas de conforto acústico.

Assim, uma vez que o LAeqD e LAeqN são conhecidos, é possível calcular o nível sonoro equivalente em DNL. A recíproca não é verdadeira: para um nível DNL determinado existe uma infinidade de pares LAeqD e LAeqN.

Na NBR 10151 se o nível de ruído ambiente Lra for superior ao valor da tabela para área e o horário em questão, o NCA assume o valor do Lra.

Para fins desta Tese, as áreas de influência acústica dos Aeroportos de Congonhas e de Recife foram definidas pelos seguintes valores esperados para os períodos abaixo indicados:

- ✓ Diurno: LAeqD > 50dB(A);
- ✓ Noturno: LAeqN > 45dB(A).

Como se pode observar na Tabela 5-2, a NBR 10.151 não recomenda a instalação de escolas e de hospitais (receptores críticos) em áreas cujo NCA diurno seja superior a 50dB e o NCA noturno superior a 45dB. Para maiores informações sobre a norma ver o Apêndice A desta Tese.

Uma das variáveis que podem influenciar no tamanho das curvas é o movimento de aeronaves nos períodos diurno e noturno que podem ser bem diferentes. A Amplitude Acústica (Δ) se mostra uma ferramenta bem valiosa para auxiliar na interpretação dessas curvas.

Num determinado ponto, a Amplitude Acústica (Δ) é a diferença entre os níveis sonoros diurnos e noturnos, conforme pode ser vista na Equação 5.7.

$$LAeqD - LAeqN = \Delta \quad (5.7)$$

Dessa forma podemos encontrar uma nova relação entre DNL, LAeqD, LAeqN e Δ . As métricas LAeqD e LAeqN podem ser escritas em função do DNL e do Δ , como nas equações a seguir:

$$LAeqN = LAeqD - \Delta \quad (5.8)$$

$$DNL = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{24} \left(15 * 10^{\frac{LAeqD}{10}} + 90 * 10^{\frac{LAeqD - \Delta}{10}} \right) \right] \quad (5.9)$$

Deste modo:

$$DNL = LAeq_D + 10 \log_{10} \left[\frac{1}{24} \left(15 + 9 * 10^{\frac{-\Delta}{10}} \right) \right] \quad (5.10)$$

$$LAeq_D = DNL - 10 \log_{10} \left[\frac{1}{24} \left(15 + 9 * 10^{\frac{-\Delta}{10}} \right) \right] \quad (5.11)$$

A partir desta relação pode-se concluir:

$$LAeq_D = \Delta + LAeq_N \quad (5.12)$$

$$LAeq_N = DNL - 10 \log_{10} \left[\frac{1}{24} \left(15 * 10^{\frac{\Delta}{10}} + 9 \right) \right] \quad (5.13)$$

Os valores de DNL, LAeqD, LAeqN e Δ variam em função do ponto no entorno do aeroporto.

5.2.2 Elaboração de uma curva auxiliar baseada na norma ABNT NBR 10151.

Nessa Tese também foi proposta uma nova curva de monitoramento com o auxílio de uma métrica complementar (compatível com a norma Brasileira NBR 10151).

Não se pretende criar com esta curva um novo zoneamento, e sim, uma alternativa simples de monitoramento do ruído aeronáutico por parte das prefeituras. Uma vez que as mesmas adotam a referida norma, além de ser de fácil compreensão para o público em geral.

No intuito de se fazer uma analogia entre a NBR 10.151 e o ruído aeroportuário, substitui-se no lugar do NCA diurno o valor do LAeqD e no lugar do NCA noturno o valor do LAeqN a fim de implementar uma curva auxiliar baseada na referida norma.

Num determinado ponto próximo ao aeroporto (x, y, z), as métricas DNL, LAeqD e LAeqN podem ser expressas em função no nível sonoro instantâneo $L_A(t)$ no mesmo ponto, como nas equações a seguir:

$$DNL = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{3600 * 24} \left[\int_{7:00}^{22:00} 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt + \int_{22:00}^{7:00} 10^{\frac{L_A(t)+10}{10}} dt \right] \right\}$$

$$LAeq_D = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{3600 * 15} \left[\int_{7:00}^{22:00} 10^{\frac{L_A(t)}{10}} dt \right] \right\}$$

$$LAeq_N = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{3600 * 9} \left[\int_{22:00}^{7:00} 10^{\frac{L_A(t)+10}{10}} dt \right] \right\}$$

Na qual:

$L_A(t)$: É o nível de pressão sonora, instantâneo, ponderado em A;

$LAeq_D$: É o nível de pressão sonora, instantâneo, ponderado em A durante o período diurno; que pode ser utilizada para avaliar os efeitos adversos diurnos do ruído;

$LAeq_N$: É o nível de pressão sonora, instantâneo, ponderado em A durante o período noturno; que pode ser utilizada para avaliar os efeitos adversos noturnos do ruído;

Dessa forma, a métrica DNL pode ser escrita em função das métricas $LAeq_D$ e $LAeq_N$, respectivamente, como mostra a equação abaixo:

$$DNL = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{24} \left(15 * 10^{\frac{LAeq_D}{10}} + 90 * 10^{\frac{LAeq_N}{10}} \right) \right] \quad (5.14)$$

A Equação (5.14) apresenta uma relação fundamental entre DNL, $LAeq_D$ e $LAeq_N$ para o ruído num receptor crítico situado na proximidade de um aeroporto.

Ao considerar a Tabela 5-2 da norma ABNT NBR10151 e partindo dos valores de $LAeq_D$ e $LAeq_N$, é possível determinar o valor de DNL correspondente a cada área, com base na Equação (5.14). Assim é possível calcular o nível sonoro equivalente em DNL, uma vez que o $LAeq_D$ e $LAeq_N$ são conhecidos.

Tabela 5-3– Valores do DNL a partir da equação 5.14 / Tabela 5-2, em dB(A).

LAeqD	LAeqN	DNL	Tipos de áreas (NBR 10151)
40	35	43	Áreas de sítios e fazendas
50	45	53	Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas
55	50	58	Área mista, predominantemente residencial
60	55	63	Área mista, com vocação comercial e administrativa
65	55	65	Área mista, com vocação recreacional
70	60	70	Área predominantemente industrial

Fonte: AUTOR (2016)

Pode-se observar que o nível DNL 53dB(A) corresponde ao limite superior para as áreas estritamente residenciais urbanas ou de hospitais ou de escolas na NBR 10151.

Avaliar-se-ia a necessidade da adoção de medidas de mitigação de ruído, como o tratamento acústico dos receptores críticos dentro dessa nova área ou mesmo a compra do terreno onde eles se encontram, tendo esta curva DNL 53dB(A) como a curva auxiliar e, por conseguinte, transferir o estabelecimento afetado para outras áreas, indenizando-o.

Outra grande vantagem é que ela permitiria definir uma área tampão situada entre o DNL 53dB(A) e o DNL 65dB(A), onde os receptores críticos seriam identificados e monitorados para devidos tratamentos acústicos, sem a necessidade de criar novos PZR's.

Abaixo de DNL 53dB(A), não haveria restrições para instalações de receptores críticos e para DNL maiores ou iguais a 65dB(A) não seria permitida a instalação de qualquer receptor crítico, transferindo o estabelecimento que já se encontra nesta região para outra área indenizando o proprietário. Assim essa proposta apresenta uma orientação compatível com as legislações de países europeus, sem contrariar os interesses da ANAC, que segue o modelo americano.

TABELA 5-4 – Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas pela curva DNL 53dB.

Uso do Solo (Receptores Críticos)	Nível de ruído médio dia-noite (dB)		
	DNL ≤ 53dB	DNL > 53dB ∩ DNL < 65dB	DNL ≥ 65dB
Usos Públicos			
Educacional (Exemplos: universidades, bibliotecas, faculdades, creches, escolas, colégios ou empreendimentos equivalentes).	S	Tratamento Acústico	N
Saúde (Exemplos: hospitais, sanatórios, clínicas, casas de saúde, centros de reabilitação ou empreendimentos equivalentes).	S	Tratamento Acústico	N
Igrejas, auditórios e salas de concerto (Exemplos: igrejas, templos, associações religiosas, centros culturais, museus, galerias de arte, cinemas, teatros ou empreendimentos equivalentes).	S	Tratamento Acústico	N

Fonte: AUTOR (2013)

NOTA:

S (Sim) = usos do solo e edificações relacionadas compatíveis sem restrições.

N (Não) = usos do solo e edificações relacionadas não compatíveis.

Na Tabela 5-4 pode-se observar como ficaria a nova proposta, salientando-se que essa curva não seria um novo zoneamento, e sim, uma nova ferramenta de auxílio aos órgãos competentes. Ela auxiliaria na redução do número de pessoas altamente incomodadas ao redor dos aeroportos, além de ser de fácil entendimento para o público em geral.

Essa solução seria a mais adequada, mas inúmeros interesses impedem a restrição total para valores acima de 65dB(A), sendo infelizmente não aplicável. Nesta Tese foi sugerida uma Análise Preliminar de Riscos (APR), comum na indústria de processos, que permitirá quantificar a Redução de Ruído (RR) necessária à etapa de mitigação do ruído aeronáutico. Ela será vista com maiores detalhes no Capítulo 6 desta Tese.

5.3 Conclusões.

Os cálculos e as interpretações dos níveis de ruído aeronáuticos são menos confiáveis para níveis mais baixos de emissões. Para maiores distâncias do aeroporto e com o aumento da distância da fonte de emissão do ruído, a capacidade de determinar a contribuição de diferentes fontes sonoras reduz a diminuição do nível de pressão sonora.

Também há problemas ao interpretar as previsões em níveis mais baixos de ruído em relação à saúde pública e ao bem-estar social, pois os efeitos antrópicos abaixo do DNL 60dB (DNL 60dB inclui uma margem de 5dB de segurança) não foram ainda quantificados.

Grande parte das críticas do uso do DNL para medir o incômodo das comunidades (EPA, EUA 1991) e a compatibilidade do uso do solo em torno dos aeroportos decorre da incapacidade de compreender a base para a medição ou cálculo dessa métrica.

As métricas derivadas da NBR 10151 – LAeqD (Nível Sonoro Equivalente Diurno) e LAeqN (Nível Sonoro equivalente noturno) fornecem o nível de potencia sonora para cada período do dia. Ao contrário do DNL, utilizada no PEZR, que calcula as curvas para um período de 24h. Assim, verifica-se que as curvas de ruído em DNL abrangem áreas mais distantes, mas não expressam com exatidão o efeito da predominância de utilização de uma determinada trajetória. Exemplificando o que foi dito anteriormente, pode-se utilizar-se o LAeqD para fazer uma relação com o período do dia em que rotas são utilizadas, durante o período diurno, afetando uma determinada área, e o efeito da predominância do uso de outra trajetória durante o período noturno utilizando o LAeqN, afetando uma área diferente.

Para a obtenção da curva auxiliar ao DNL foram feitas correlações da norma ABNT NBR 10151 com as métricas LAeqD e LAeqN gerando novos valores compatíveis com a norma ABNT NBR 10151, que podem ser utilizados pelos órgãos reguladores e prefeituras como instrumento de estudo do ruído aeroportuário ao redor dos aeroportos.

Esta perspectiva considera a possibilidade de visualizar com maior exatidão as áreas que, pelo uso de uma determinada trajetória, estão mais expostas ao ruído durante o dia ou durante a noite, identificando, assim, a área de influência acústica do aeroporto.

É importante destacar que a Resolução CONAMA 001/90 estabelece que os padrões e critérios, bem como os procedimentos de medição, devem seguir a NBR 10151 que, por sua vez, fixa as condições exigíveis para a avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independentemente da existência de reclamações. Mesmo assim, não se caracteriza como sendo uma norma voltada para monitoramento e desenvolvimento de estratégias de longo prazo, visando à redução da exposição sonora da população. Ela tenta abarcar as duas situações. Ou seja, situações de curto prazo (por

exemplo: mediante reclamações) e situações de longo prazo (por exemplo, para fins de planejamento do uso do solo e de avaliações de incômodo de longo prazo).

Todavia, internacionalmente, em se tratando de situações de longo prazo, tem se adotado indicadores compostos, tais como os propostos na ISO 1996 – 1:2003, como o LAeq, que consideram indicações de correções a serem aplicadas em níveis medidos ou prognosticados, considerando-se diferenças nas reações de incômodo na comunidade, em relação a diferentes fontes de ruído e características dos ruídos e ao período do dia (ISO, 2003).

Com relação aos níveis limites, a ISO não os fixa, porém, estabelece que estes devam ser fixados pelas autoridades responsáveis baseados no conhecimento dos efeitos do ruído sobre a saúde humana (especialmente, relações de dose-resposta para o incômodo), considerando fatores econômicos e sociais (ISO, 2003).

A Norma NBR 10151 fixa os valores para os níveis limites que foram baseados nos valores determinados internacionalmente. Todavia, não se conhece a exposição sonora da população nas cidades brasileiras, nem tampouco foram estabelecidas relações de dose-resposta para prever a resposta da população ao incômodo causado por uma exposição de longo prazo ao ruído. Portanto, não se sabe se a população brasileira responde da mesma forma e se tais níveis limites adotados são adequados.

No Capítulo 6, a seguir, introduzir-se-á a análise de riscos como ferramenta para a identificação dos receptores críticos em áreas de risco.

CAPÍTULO 6

Avaliação de Riscos

A avaliação de riscos é um processo imprescindível para estimar a amplitude dos riscos que não podem ser evitados, consistindo na aplicação de uma ou mais técnicas estruturadas, por meio das quais são identificados os perigos e suas respectivas causas e consequências sobre as pessoas, meio ambiente e instalações. Deste modo, reúne-se a informação necessária para se tomarem as medidas preventivas apropriadas (EC, 1996).

O risco pode ser considerado como uma medida de perdas econômicas, danos ambientais ou lesões humanas em termos de probabilidade de ocorrência de um acidente (frequência) e magnitude de perdas, danos ao ambiente e/ou de lesões (consequências ou severidades). Os usos da avaliação de riscos podem ocorrer nas seguintes condições:

- Redução de riscos após acidentes;
- Atender exigências de agências reguladoras;
- Localização do empreendimento;
- Avaliação de alternativas de projetos;
- Investimento em equipamentos de segurança;
- Gerenciamento de riscos;
- Planejamento de seguro.

O risco é a probabilidade do potencial danificador de ser atingido nas condições de uso ou de exposição. Bem como a possível gravidade do dano sempre objetivando a conscientização, a educação, a qualificação e a habilitação do trabalhador (da população), a antecipação de riscos, a fim de eliminá-los, neutralizá-los e/ou minimizá-los e a criação de medidas de controle para os mesmos (BARBOSA FILHO, 2001).

Para PONZETTO (2002) a avaliação de risco deve incluir as seguintes etapas: identificação de perigos e de trabalhadores (ou da população) potencialmente expostos (a) a riscos resultantes desses perigos; estimativas qualitativa e quantitativa do risco;

estudo da possibilidade de eliminar o risco; verificação da necessidade de tomar novas medidas para prevenir ou reduzir o risco, no caso de não ser possível eliminá-lo.

O reconhecimento dos riscos ambientais deverá conter os seguintes itens, quando aplicáveis:

- ✓ Visual identificação;
- ✓ Determinação e localização das possíveis fontes geradoras;
- ✓ Identificação das possíveis trajetórias e dos meios de propagação dos agentes no ambiente de trabalho;
- ✓ Caracterização das atividades e do tipo de exposição;
- ✓ Identificação das funções e do número de trabalhadores expostos;
- ✓ Obtenção de dados existentes na empresa indicativos de possível comprometimento da saúde decorrente do trabalho;
- ✓ Os possíveis danos à saúde relacionados aos riscos identificados;
- ✓ Descrição das medidas de controle já existentes.

6.1 Objetivos da avaliação de riscos.

Dentre os principais objetivos da avaliação de riscos destaca-se:

- ✓ Evitar ou eliminar os riscos;
- ✓ Avaliar os riscos que não podem ser evitados ou eliminados;
- ✓ Adaptar o trabalho ao homem, agindo sobre a concepção, a organização e os métodos de trabalho e de produção;
- ✓ Substituir o que é perigoso pelo que é isento de perigo ou pelo que se assume como menos perigoso;
- ✓ Integrar a prevenção dos riscos em um sistema coerente que abranja a produção, a organização, as condições de trabalho e o diálogo social;
- ✓ Adotar prioritariamente as medidas de proteção coletiva, recorrendo às medidas de proteção individual unicamente no caso de a situação impossibilitar qualquer outro tipo de alternativa.

6.2 Técnicas de avaliação de riscos.

O risco se tornou um tópico de importância quase universal na modernidade, principalmente para os países altamente industrializados. Debates sobre riscos dominam as discussões sobre as tecnologias, como a energia nuclear e a biotecnologia moderna. Risco é um conceito quase universal, embora existam enormes discrepâncias no caminho, como os riscos são definidos, percebidos e mensurados (HAMPEL, 2006).

De acordo com CHRISTENSEN *et al.* (2003), existem entendimentos diferentes dos conceitos de risco. No primeiro, riscos expressam uma combinação de probabilidade de consequência/efeito sobre os objetos a serem considerados; a gravidade (severidade) e a medida da consequência/efeito em determinadas circunstâncias. Na segunda definição, o risco é expresso pela probabilidade de ocorrer uma dada consequência/efeito de uma gravidade (severidade) em circunstâncias específicas.

Segundo TAVARES (2004) as técnicas de análise de riscos voltadas ao controle e prevenção de perdas mais utilizadas são: a série de riscos, a análise preliminar de riscos, a análise e a revisão de critérios, a análise da missão, os diagramas e a análise de fluxo, o mapeamento, a análise do ambiente, a análise de modos de falhas e efeito, a análise de componentes críticos, a técnica de incidentes críticos, a análise de procedimentos, a análise de contingências e a análise de árvores de falhas.

Conceituar a palavra “risco” não é tão fácil quanto parece. Muitas vezes, risco é confundido com perigo, levando a longas discussões. Para melhor entendimento dos respectivos conceitos, adotaram-se as seguintes definições para perigo e para risco:

Para STRICOFF (1996 apud LIMA, 2000), “Perigo é uma propriedade inerente em um agente químico, físico, ou biológico ou em um conjunto de condições. Risco é uma função da probabilidade e consequências”.

Já pela definição de riscos da OHSAS 18.001 (2007), risco é uma estimativa de um fato indesejado ocorrer em um determinado período de tempo, associado a sua frequência de ocorrência e a sua consequência.

Para avaliação do risco, deve-se observar com que frequência ou probabilidade, em situações normais ou de emergência, respectivamente, pode-se estar exposta a um perigo, e avaliar as consequências/severidades dos impactos gerados.

As definições de risco podem ser sintetizadas por meio da seguinte equação:

Risco = Frequência (ocorrência/tempo) x Severidades (danos à saúde/ocorrência)

Para um conjunto de eventos distintos:

$$\text{Risco} = \Sigma (FiSi)$$

Um sistema é seguro se a soma dos riscos de todos os cenários acidentais for aceitável. O risco pode ser expresso em: fatalidades / ano; dias parados / mês; R\$ / ano; mortes / ano; danos à saúde / dia; entre outros.

Os riscos podem também serem separados em duas categorias específicas: riscos sociais e riscos individuais. O risco social indica a probabilidade de certo grupo de pessoas morrerem face à ocorrência de um acidente, no caso desta Tese poderia considerar o fato de uma pessoa ficar enferma devido a um cenário específico envolvendo o ruído aeronáutico. Dessa forma, o risco social considera a área circunvizinha à instalação. Por risco individual entende-se a probabilidade anual de um indivíduo sofrer algum nível de dano após a ocorrência de um determinado evento acidental.

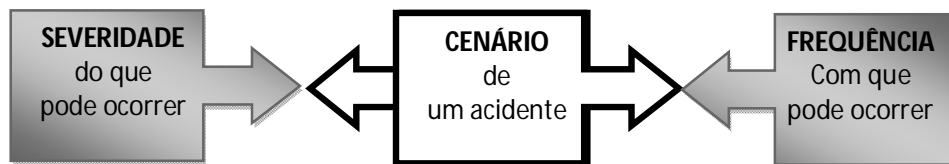


FIGURA 6-1 – Relação frequência x severidade com o cenário acidental.

A frequência e a severidade são influenciadas pelas características de cada cenário acidental. A frequência caracteriza-se pela quantidade de vezes que um evento pode ocorrer. Nesse caso salvaguardas preventivas podem ser sugeridas para se diminuir a ocorrência do problema, por exemplo, as medidas de abordagem equilibrada. Já a severidade é o grau de impacto que um evento pode ter em determinado meio. Ou seja, nesse caso podem-se considerar as salvaguardas mitigadoras, por exemplo, o isolamento acústico das fachadas das edificações (EC, 1996), pois o dano já ocorreu.

A Figura 6-2 ilustra as etapas genéricas de uma Análise de Riscos, desde a identificação de riscos, a mensuração do grau de impacto do risco até o controle do mesmo.

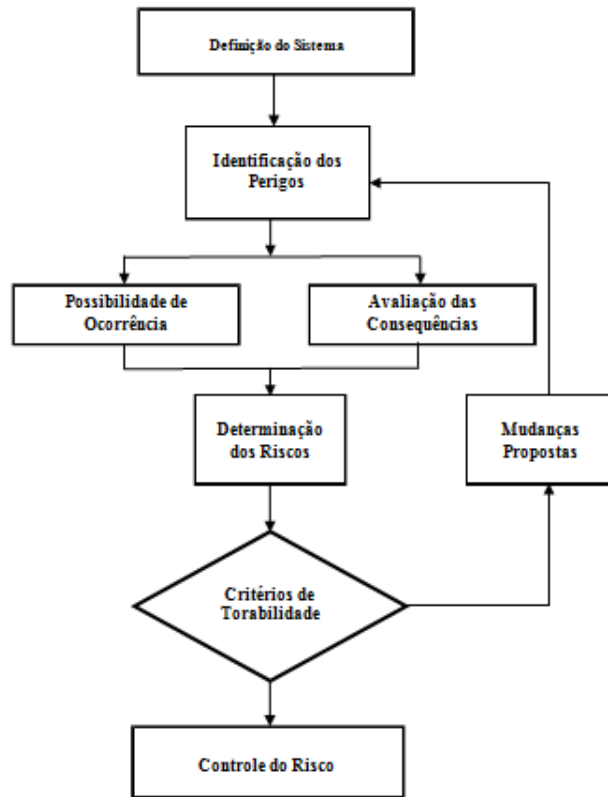


FIGURA 6-2 - Etapas genéricas de uma análise de riscos.

As mais variadas técnicas de avaliação de riscos podem ser utilizadas em diversas etapas das análises de risco tanto qualitativas quanto quantitativas. As principais técnicas são apresentadas a seguir:

Análise Preliminar de Riscos (APR) ou Análise Preliminar de Perigos (APP): é a primeira tentativa no processo de segurança do sistema para identificar e categorizar os perigos ou os riscos potenciais associados à operação de um sistema, ao processo ou ao procedimento proposto (VINCOLI, 2014).

Dentro da APR são apontadas e/ou levantadas as causas de cada um dos possíveis eventos acidentais e as suas respectivas consequências. Em seguida, é feita uma avaliação qualitativa do risco associado a cada cenário acidental, considerando a frequência de ocorrência do evento acidental segundo as causas da severidade do cenário de acidente. Os resultados obtidos configuram-se de forma qualitativa, sem estimativas numéricas.

Análise por meio de *checklists*: essa técnica consiste em uma avaliação sistemática em face de critérios pré-estabelecidos na forma de uma ou mais listas de perguntas com respostas previamente formatadas. Ela é aplicável a análises detalhadas ou de alto nível e usada primordialmente para fornecer estruturas para entrevistas, revisões de documentação, procedimentos operacionais e inspeções de campo da instalação analisada. A técnica gera listas qualitativas de determinações de conformidades e não conformidades, com recomendações para a correção das não conformidades (AIKEN, 1996).

Análise de perigos e operabilidade (HAZOP – *hazard and operability study*) é o termo aplicado a um método detalhado por análise sistemática de um processo ou de uma operação, bem definido previsto ou existente. Essa técnica utiliza-se de palavras guias especiais para fazer com que um grupo de indivíduos experientes no assunto em análise identifique perigos potenciais ou preocupações com a operabilidade de equipamentos ou sistemas. Esse tipo de análise é geralmente empregado ao nível de sistema e gera resultados qualitativos, majoritariamente, apesar de uma quantificação simples também ser possível. O uso fundamental da metodologia HAZOP é a identificação de perigos à segurança e de problemas de operabilidade de processos contínuos de sistemas, especialmente, sistemas de processo (MACDONALD, 2004).

Análise de modos de falhas e efeitos (AMFE) é uma abordagem de detecção indutiva que é mais apropriada para avaliações de sistemas mecânicos, elétricos e de processo. A AMFE gera descrições qualitativas das falhas potenciais relacionadas ao desempenho de sistemas e de equipamentos. Ela pode ser expandida de modo a incluir estimativas de frequência e/ou consequência dos diversos modos de falhas identificados (GILCHRIST, 1993).

Existem outras técnicas de análise de riscos, tais como: confiabilidade humana, análise histórica de eventos, análise por árvores de eventos, análise por árvores de falhas, matriz de riscos, modelamento de consequências e análise de sensibilidade. É importante salientar que quaisquer que sejam as técnicas empregadas na avaliação de riscos, os documentos utilizados como base para análise devem ser claramente referenciados, de forma a permitir total rastreabilidade das informações assumidas e dos resultados obtidos.

A escolha das técnicas a serem utilizadas depende, fundamentalmente, do estágio do projeto, do nível de detalhamento desejado da análise e dos recursos

disponíveis para a sua execução. Face às diretrizes adotadas pela RBAC 161 e devido à falta de experiência na utilização da análise de riscos para mensurar o ruído aeronáutico, é possível afirmar que a análise elaborada deve ser qualitativa, cuja técnica mais indicada para a identificação dos riscos é a APR.

6.3 Avaliação de riscos aplicada ao transporte aéreo.

Quando se fala em avaliação de riscos no transporte aéreo, a primeira coisa que vem à mente das autoridades competentes ou dos pesquisadores é a questão da segurança operacional do aeroporto, quantas pessoas podem ser salvas se os perigos ou riscos forem identificados a tempo.

A segurança operacional no setor aeroportuário é o resultado de um conjunto de medidas e procedimentos aplicados aos aeroportos que servem de suporte às aeronaves com o objetivo de reduzir o risco de ocorrências em operações aeroportuárias em um nível aceitável o mais baixo quanto possível, incluindo: aeronaves, pessoas, veículos, equipamentos e infraestruturas.

O aeroporto e arredores são os locais onde acontecem as seguintes fases de um voo: decolagem, aterrissagem e aproximação. Durante todo o ciclo de um voo, a decolagem e a aterrissagem são as fases que ocupam menos tempo. No entanto, estas são as fases envolvidas na maioria dos acidentes e incidentes. Visto que 90% das ocorrências acontecem dentro ou ao redor do aeroporto, portanto, durante a aterrissagem, aproximação e decolagem (EASA, 2011).

Segundo CANALE *et al.* (2005), o número anual global de acidentes, incidentes e incidentes graves na aviação civil gira em torno de 50 em todo o mundo, com uma média de 13.000 vítimas. A experiência tem demonstrado que, antes de ocorrer um acidente, vários incidentes e várias falhas revelam a existência de riscos de segurança.

Nesse contexto, a gestão de riscos é uma ferramenta importante para a compreensão de riscos: a definição de níveis aceitáveis de riscos e a redução de riscos.

O processo de gestão de riscos inicia-se com a avaliação do risco de segurança operacional em termos de probabilidades e severidade. O risco de segurança operacional é definido pela ICAO como: "probabilidade e severidade da consequência ou resultado de um perigo ou situação existente" (ICAO, 2012).

A gestão de riscos é uma das principais ferramentas do sistema de gestão de segurança operacional. Contudo, esse processo de gestão de risco só é possível se existir uma colaboração de todas as organizações e especialistas que regulam e estudam o transporte aéreo, reportando as ocorrências ou sugerindo medidas que poderão ajudar no processo de mitigação ou no controle do risco, aumentando, assim, o grau de tolerabilidade do risco. Dentre algumas propostas feitas por colaboradores podem ser citadas:

CANALE *et al.* (2005), que sugeriu associar as causas identificadas a cada perigo por meio de análise de riscos em conjunto com as bases de dados nacionais e internacionais em seu estudo. O banco de dados internacionais auxiliaria na identificação dos perigos referente às características de desempenho das aeronaves. O banco de dados nacionais auxiliaria na avaliação da severidade do perigo.

WONG (2007), que faz significantes contribuições para melhorar o uso do ASAs³⁶ (áreas de segurança dos aeroportos), como medidas de mitigação de riscos de acidentes na aviação, desenvolvendo melhores modelos de frequência de acidentes e metodologias de avaliação de riscos. A pesquisa foi baseada em um banco de dados abrangente de acidentes relacionados com o ASA, que foi acompanhado por uma amostra representativa de dados de operações normais. De modo que a exposição a uma série de fatores de risco operacionais e meteorológicos entre acidente e os voos normais podem ser comparados.

SALTER (2007) propõe diretrizes para que as autoridades responsáveis pela segurança no transporte aéreo, no caso a *Canadian Air Transport Security Authority* (Autoridade em Segurança do Transporte Aéreo Canadense), possam ter um SeMS³⁷ (Sistema de Gerenciamento de Segurança), como parte do requisito da Associação Internacional de Transporte Aéreo.

WONG *et al.* (2006) comparam os voos normais e voos afetados por condições meteorológicas extremas que resultam em acidentes. Os fatores examinados incluem visibilidade, altura do teto, temperatura, vento cruzado, cauda e instrumento ou condições meteorológicas visuais. As diferenças na exposição a esses fatores são examinados e uma medida da propensão acidente relacionado com diferentes níveis de exposição ao risco é quantificado com base em índices de envolvimento em acidentes relativos.

³⁶ *Airport Safety Areas*

³⁷ *Security Management System*

6.4 Análise Preliminar de Riscos (APR)

Essa Tese traz à tona um novo elemento no que se refere à segurança operacional no setor aeroportuário e esse elemento se chama ruído aeronáutico. Como foi visto na seção 6.2, a técnica mais indicada para a identificação dos riscos do ruído aeronáutico é a APR.

A APR é uma metodologia estruturada para identificar a priori os perigos potenciais decorrentes da instalação ou da operação de unidades existentes que lidam com materiais perigosos ou situações perigosas. No caso dessa Tese, os receptores críticos situados dentro de áreas de risco.

Além disso, são sugeridas medidas preventivas e/ou mitigadoras dos perigos a fim de se eliminar as causas ou reduzir as consequências dos cenários de riscos identificados na APR. As possíveis consequências/severidades do acidente são então consideradas em conjunto com as medidas corretivas, que poderiam contribuir para a sua prevenção (ANDREWS & MOSS, 2002).

O objetivo da APR é: identificação dos perigos, causas, consequências e adoção de medidas mitigadoras.

A metodologia de APR, para esta Tese referente ao ruído aeronáutico, compreende a execução das seguintes etapas:

1. Definição dos objetivos e do escopo da análise;
2. Definição das fronteiras da instalação (receptor crítico) analisada;
3. Coleta de informações sobre a região, dos receptores críticos e da zona urbana;
4. Subdivisão do problema em escalas de dB;
5. Elaboração das estatísticas dos cenários identificados por categorias de frequência e de severidade;
6. Realização da APR propriamente dita (preenchimento da planilha);
7. Análise dos resultados e preparação do relatório.

Os resultados da APR são registrados convenientemente numa planilha, conforme ilustrado na Tabela 6-1. Esta planilha em cada etapa do processo, mostra os perigos identificados, as causas, o modo de detecção, os efeitos potenciais, as categorias

de frequência, a severidade e o risco, as medidas corretivas e/ ou preventivas e o número do cenário (AMORIM, 2010).

No Capítulo 7, referente à metodologia, será feita uma explicação mais detalhada da planilha APR e de sua aplicação para o ruído aeronáutico. Essa será a última abordagem antes da elaboração da planilha da APR para um exemplo prático que será vista na prática no Capítulo 9.

TABELA 6-1 - Planilha de Análise Preliminar de Riscos.

Empresa:							
Projeto:						Hipótese Acidental:	
Região:						Data:	
Aeroporto:						Receptor Crítico:	
Perigo (Intensidade)	Causas	Modo de Detecção	Consequência	F	S	R	Recomendações / Medidas Mitigadoras

Fonte: AUTOR (2015)

O processo de execução da APR consiste em identificar o projeto, considerando-se as respectivas hipóteses acidentais ao identificar os perigos, os eventos iniciadores em potencial e os outros eventos capazes de gerar consequências indesejáveis para cada etapa do processo que ficará na coluna PERIGO. Identificar as causas de cada perigo que ficará na coluna CAUSAS. O modo de detecção ou como esse risco foi detectado que ficará na coluna MODO DE DETECÇÃO. Os possíveis efeitos danosos de cada perigo identificado serão listados na coluna CONSEQUÊNCIAS. No âmbito da APR, um cenário de acidente é definido como o conjunto formado pelo perigo identificado, suas causas e cada um dos seus efeitos que serão agrupados na coluna CATEGORIAS DE FREQUÊNCIA. Deste modo, classificaram-se cada cenário de acidente em uma categoria de frequência, a qual fornece uma indicação qualitativa da frequência esperada de ocorrência para cada cenário identificado, conforme a Tabela 6-2 (AMORIM, 2010).

Os cenários acidentais devem ser classificados em categorias qualitativas de frequência. Essa avaliação de frequência poderá ser determinada pela experiência dos componentes do grupo (GERA/LAVI) ou por banco de dados de ocorrências.

Esta etapa pode ser visualizada na Tabela 6-2. As categorias de frequência não são totalmente padronizadas, mas seu número não deve ser inferior a quatro. Nesta Tese a mesma foi dividida em quatro (4) categorias. Cada categoria recebeu uma denominação de acordo com a frequência de eventos que ocorrem em um aeroporto durante um ano. Estes eventos seriam pousos ou decolagens de aeronaves (SAPEP, 2013).

TABELA 6-2 – Classe de frequência.

Categoria	Denominação	Descrição
A	Remota	Conceitualmente possível, mas não esperado ocorrer.
B	Pouco provável	Pouco provável de ocorrer durante o ano.
C	Provável	Possível ocorrer uma ou mais vezes durante o ano.
D	Frequente	Possível de ocorrer muitas vezes durante o ano.

FONTE: Adaptado de SAPEP, 2013.

Os cenários de acidentes também devem ser classificados em categorias de severidade, as quais fornecem uma indicação qualitativa da severidade esperada de ocorrência para cada um dos cenários identificados. Na elaboração da tabela de severidade foram utilizadas como referência as recomendações da OMS a respeito dos impactos do ruído na saúde humana para descrever os efeitos negativos na saúde humana, Tabela 2-1 desta Tese.

As categorias de severidade não são totalmente padronizadas, mas o seu número não deve ser inferior a quatro, partindo-se da categoria “sem problema” até a categoria “supercrítica/catastrófica”. Deve-se tomar por base que um cenário supercrítica/catastrófica implica em graves danos à saúde com a possibilidade real de óbito. A Tabela 6-3 mostra as categorias de severidade em uso atualmente para a realização desta APR (SAPEP, 2013).

TABELA 6-3 – Classe de severidade / Consequências ambientais.

SEVERIDADE		
Categoria	Denominação	Descrição das Categorias / efeitos negativos na saúde
I	Sem Problema	Sem danos
II	Desprezível	Danos insignificantes as pessoas, à propriedade e /ou ao meio ambiente.
III	Marginal	Diminui o poder de concentração dificultando o trabalho intelectual
IV	Crítica	Diminui a resistência imunológica entre outros. Aumenta a concentração de colesterol no sangue
V	Supercrítica / Catastrófica	Aumenta os riscos de enfartes e outras doenças sérias

FONTE: Adaptado de SAPEP, 2013.

Para Tabela 6-3 foram criadas cinco (5) categorias de severidades, indo de encontro às recomendações da OMS (ver Tabela 2-1). Cada uma recebeu uma denominação de acordo com a sua severidade (gravidade). Ou seja, o impacto negativo do ruído na saúde humana que cada uma representa é nivelado desde a supercrítica/Catastrófica até a sem problemas.

É importante observar que cada classe de severidade e frequência deve ser adequada ao tipo do sistema e empreendimento analisado para tornar a análise do risco mais exata e menos subjetiva.

Cada categoria de risco é uma indicação qualitativa do nível de risco de cada cenário. Ela apresenta um grau de permissividade em relação ao ruído aeroportuário, conforme pode ser vista na Tabela 6-4. Esse grau de permissividade refletir-se-á na quantidade de Redução de Ruído (RR), que deverá ser atingido por medidas de mitigação (uma vez que o dano está feito, não cabem mais medidas preventivas) (SAPEP, 2013).

TABELA 6-4 – Categorias de Riscos x Nível de controle necessário.

Categoria de Riscos	Descrição do Nível de Controle Necessário
Tolerável (T)	Não há necessidades de medidas adicionais. A monitoração é necessária para assegurar que os controles sejam mantidos.
Moderado (M)	Controles adicionais devem ser avaliados com o objetivo de obter-se uma redução dos riscos e implementar aqueles considerados praticáveis (conceito “ALARP ³⁸ ”)
Não Tolerável (NT)	Os controles existentes são insuficientes. Métodos alternativos devem ser considerados para reduzir a probabilidade de ocorrência e, adicionalmente, as consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos (níveis “ALARP” ou toleráveis).

FONTE: Adaptado de SAPEP, 2013.

Ao caracterizar a Tabela 6-4 temos:

- ✓ Tolerável (T)
 - O uso do solo é livre e sem restrições para usos residenciais e públicos. Não existe a necessidade de RR;
- ✓ Não Tolerável (NT)
 - O uso do solo é proibido para usos residenciais e públicos na região impactada. Não existe necessidade de RR;
- ✓ Moderado (M)
 - O uso do solo é livre e com restrições para usos residenciais e públicos. Existe a necessidade de RR;

Para definir a RR foi utilizada a curva proposta calculada nesta Tese que é de 53dB(A). Esta curva, conforme foi visto no Capítulo 5, baseou-se na norma NBR 10151 (ver Tabela 5-3), em que foram definidos para o LAeqD o valor de 50dB(A) e para o LAeqN o valor de 45dB(A).

Para a elaboração da Tabela 6-5 o valor de 53dB(A) foi aproximado do valor de 50dB(A), no intuito de seguir o intervalo padrão de 5dB da Tabela 4-2 referente aos usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas por um PEZR A partir deste

³⁸ Nota 1 – Conceito ALARP (*As Low As Reasonably*) - Riscos cuja severidade e/ou frequência devem ser reduzidos a valores tão baixos quanto razoavelmente exequível.

valor é que se determinarão os valores das RR necessárias para que os receptores críticos se enquadrem nas recomendações da OMS (ver Tabela 2-1) referentes ao impacto do ruído na saúde humana e da NBR 10151 (ver Tabela 5-3).

$$RR_{(1)} = DNL_{(CALCULADO)} - 50dB(A) \quad (6.1)$$

Temos que:

$RR_{(1)}$ = Redução de Ruído Máxima;

$DNL_{(CALCULADO)}$ = Nível sonoro dia/noite para o receptor crítico escolhido.

Na Tabela 6-5 é possível identificar todos os usos residenciais ou públicos compatíveis ou não com a categoria de risco Moderado.

TABELA 6-5 – Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas pela categoria de risco Moderado.

Uso do Solo	Nível de ruído médio dia-noite (dB)						
	Moderado (M)						
	< 50	50 - 55	55 - 60	60 - 65	65 - 70	70-75	> 75
Residencial							
Residências uni e multifamiliares.	S	N(4)	N(3)	N(2)	N	N	N
Alojamentos temporários (exemplos: hotéis, motéis e pousadas ou empreendimentos equivalentes).	S	N(4)	N(3)	N(2)	N(1)	N	N
Locais de permanência prolongada (exemplos: presídios, orfanatos, asilos, quartéis, mosteiros, conventos, apart-hotéis, pensões ou empreendimentos equivalentes).	S	N(4)	N(3)	N(2)	N	N	N
Usos Públicos							
Educacional (Exemplos: universidades, bibliotecas, faculdades, creches, escolas, colégios ou empreendimentos equivalentes).	S	N(4)	N(3)	N(2)	N	N	N
Saúde (Exemplos: hospitais, sanatórios, clínicas, casas de saúde, centros de reabilitação ou empreendimentos equivalentes).	S	10	15	20	25	30	N
Igrejas, auditórios e salas de concerto (Exemplos: igrejas, templos, associações religiosas, centros culturais, museus, galerias de arte, cinemas, teatros ou empreendimentos equivalentes).	S	10	15	20	25	30	N

Fonte: AUTOR (2014)

NOTA:

S (Sim) = usos do solo e edificações relacionadas compatíveis sem restrições.

N (Não) = usos do solo e edificações relacionadas não compatíveis.

10, 15, 20, 25, 30 = usos do solo e edificações relacionadas geralmente compatíveis. Medidas para atingir uma redução de nível de ruído (de pelo menos) – RR de 10, 15, 20, 25 ou 30dB devem ser incorporadas no projeto/construção das edificações onde houver risco moderado para as pessoas.

- (1) Sempre que os órgãos determinarem que os usos devam ser permitidos, devem ser adotadas medidas para atingir uma RR de pelo menos 25dB.
- (2) Sempre que os órgãos determinarem que os usos devam ser permitidos, devem ser adotadas medidas para atingir uma RR de pelo menos 20dB.
- (3) Sempre que os órgãos determinarem que os usos devam ser permitidos, devem ser adotadas medidas para atingir uma RR de pelo menos 15dB.
- (4) Sempre que os órgãos determinarem que os usos devam ser permitidos, devem ser adotadas medidas para atingir uma RR de pelo menos 10dB.
- (5) Edificações residenciais requerem uma RR de 10dB.
- (6) Edificações residenciais requerem uma RR de 15dB.
- (7) Edificações residenciais requerem uma RR de 20dB.
- (8) Edificações residenciais requerem uma RR de 25dB.
- (9) Edificações residenciais requerem uma RR de 30dB.
- (10) Edificações residenciais não são compatíveis.

Outra vantagem em utilizar a Tabela 6-5 é que as RR por ela propostas são compatíveis com a NBR 10152, como já foi mencionado no Capítulo 3 A NBR 10152 cuida dos níveis de conforto acústico interno para as diversas atividades humanas, ver a Tabela 6-6.

TABELA 6-6 – Níveis internos de ruído segundo a NBR 10152.

Locais	dB(A) Conforto	dB(A) Aceitável
Hospitais		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, C. Cirúrgicos.	35	45
Laboratórios, Áreas para uso do público.	40	50
Serviços	45	55
Escolas		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho.	35	45
Salas de aula, Laboratórios.	40	50
Circulação	45	55
Hotéis		
Apartamentos	35	45
Restaurantes, Salas de Estar.	40	50
Portaria, Recepção, Circulação.	45	55
Residências		
Dormitórios	35	45
Salas de estar	40	50

6.4.1 Definição de classificação de riscos.

Definir a classificação de riscos é determinar a classe de significância do risco, a partir da qual órgãos responsáveis vão investir esforços e recursos para adotar ações de prevenção ou proteção, no sentido de baixar a magnitude dos riscos para valores considerados toleráveis ou não significativos ao processo.

Na implementação da matriz de classificação de riscos foram utilizadas as seguintes tabelas: Classe de Frequência, Classe de Severidade, Categorias de Risco x Nível de Controle Necessário e do impacto do ruído na saúde da OMS. O resultado pode ser visto na Tabela 6-7 abaixo (SAPEP, 2012).

TABELA 6-7 – Matriz de classificação de riscos.

Classe de Severidade		Descrição / Características				Classe de Frequência			
		Intensidade	Efeitos negativos na Saúde	Reação	Imagem (Alcance)	A Remota	B Pouco provável	C provável	D Frequente
V	Supercrítica ou Catastrófica	70 – 75dB	Aumenta os riscos de enfartes e outras doenças sérias	O organismo fica sujeito ao estresse degenerativo além de abalar a saúde mental	Impacto Nacional	T	M	NT	NT
IV	Crítica	65 – 70dB	Diminui a resistência imunológica entre outros	O organismo reage para tentar se adequar ao ambiente	Impacto Municipal	T	M	NT	NT
III	Marginal	55 – 65dB	Diminui o poder de concentração	A pessoa fica em estado de alerta, não relaxa.	Impacto na região do aeroporto	T	T	M	M
II	Desprezível	50 – 55dB	Danos insignificantes as pessoas, à propriedade e /ou ao meio ambiente.	O organismo começa a sofrer os impactos do ruído	Impactos pontuais	T	T	T	M
I	Sem problema	Até 50 dB	Sem Danos	Confortável (Limite da OMS)	Sem Impacto	T	T	T	T

Fonte: AUTOR (2013)

Na Tabela 6-7 foi inserido o campo Imagem. Ele tem a finalidade de mensurar o alcance que o ruído aeroportuário pode ter na mídia de acordo com a gravidade do problema, desde um jornal de bairro até um diário de circulação nacional.

Um exemplo de impacto nacional foi o ocorrido em julho de 2015 em Bogotá: uma decisão da agência nacional de licenças ambientais da Colômbia autorizou o aeroporto de El Dorado em Bogotá a funcionar 24hs, afetando três bairros subjacentes. Essa decisão teve repercussão nacional, sendo destaque nos principais diários da Colômbia.

O que ocorreu no Rio de Janeiro em abril de 2009 foi um exemplo de impacto na região do aeroporto. A AMAB (associação de moradores e amigos de Botafogo) organizou uma reunião ordinária para discutir uma regulamentação da ANAC que definia um aumento do número de voos no aeroporto de Santos Dumont naquele ano.

6.5 Conclusões.

Uma Análise de Riscos faz-se necessária para a aplicação de medidas mitigadoras, que ajudará a identificar as possíveis áreas de riscos quanto ao ruído aeronáutico ao redor dos aeroportos. Nessa Tese foi sugerida uma Análise Preliminar de Riscos (APR), que permitirá identificar qualitativamente os valores de Redução de Ruído (RR) necessários para a aplicação de medidas mitigação, como o isolamento acústico.

A APR visa corrigir uma anomalia da tabela do PBZR e PEZR, cuja RR sugerida não se comporta uniformemente provocando distorções, como foi abordado no item 4.5 dessa Tese.

Note-se que não está se propondo um novo zoneamento urbano e sim uma área risco entre a curva DNL 65dB(A) e a curva proposta por essa Tese cujo valor é de 53dB(A). Esta área ignorada pela legislação aeronáutica e pelas prefeituras é uma área vulnerável aos efeitos do impacto do ruído aeronáutico na saúde humana, segundo a OMS.

A primeira parte da Tese foi concluída. Agora no Capítulo 7, será feito o passo a passo das aplicações das ferramentas propostas até a geração de resultados em planilhas APR.

CAPÍTULO 7

Metodologia.

A metodologia desta Tese obedeceu aos seguintes passos ilustrados na Figura 7.1 abaixo.

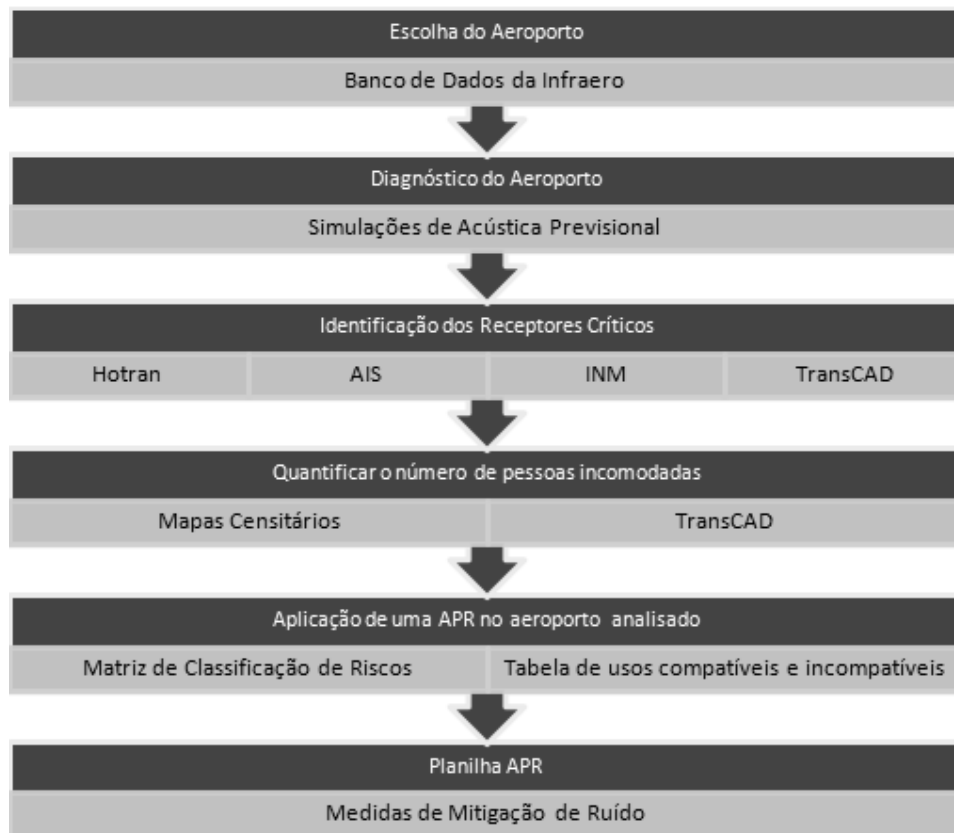


Figura 7-1: Passos para a aplicação das ferramentas propostas por esta Tese.

7.1 Critérios de seleção de aeroportos.

No Brasil, a Infraero³⁹ administra um total de 67 aeroportos, que representam mais de 97 % da rede de transporte aéreo do país (Infraero, 2008). A companhia possui estudos amplos sobre o desempenho de seus aeroportos, tendo por base seu documento

³⁹ Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária

interno “Ato Administrativo 193/SEDE/90” (Infraero, 1990), onde são definidos os critérios de seleção adotados por esta Tese.

Os aeroportos são classificados por pontuação sobre sua engenharia de infraestrutura, a sua infraestrutura operacional e pelos seus indicadores administrativos. O documento classifica os aeroportos dentro de cinco (5) grupos, sendo que o grupo “1” implica os maiores aeroportos no Brasil (Tabela 7.1).

Tabela 7-1 - Grupo 1 – Aeroportos Brasileiros.

Nome do Aeroporto	Acrônimo
Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos – Gov. A.F.M	SBGR
Aeroporto Internacional de Congonhas/São Paulo	SBSP
Aeroporto Internacional de Viracopos/Campinas	SBKP
Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro/Galeão - A.C. J	SBGL
Aeroporto Internacional Tancredo Neves (Confins)	SBCF
Aeroporto Santos Dumont	SBRJ
Aeroporto de Belo Horizonte (Pampulha)	SBBH
Aeroporto Internacional Salgado Filho (Porto Alegre)	SBPA
Aeroporto Internacional Afonso Pena (Curitiba)	SBCT
Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes – Gilberto Freyre	SBRF
Aeroporto Internacional de Salvador – Dep. Luís Eduardo Mag.	SBSV
Aeroporto Internacional Pinto Martins (Fortaleza)	SBFZ
Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente JK	SBBR
Aeroporto Internacional Eduardo Gomes (Manaus)	SBEG
Aeroporto Internacional de Belém	SBBE

Fonte: GERA / Infraero (2008)

Para esta Tese foram escolhidos os aeroportos de Congonhas e de Recife. No Capítulo 8 serão dadas mais informações a respeito dos mesmos.

7.2 Diagnósticos dos aeroportos escolhidos.

Antes de aplicar uma APR nos aeroportos escolhidos, foram implementados diagnósticos para os mesmos. Atualmente, a determinação dos níveis de ruído provocados pelo movimento das aeronaves num aeroporto pode ser realizada de duas formas diferentes:

- ✓ Medições sonoras no local utilizando sonômetros integrantes;
- ✓ Através de simulações de acústica previsional.

7.2.1 Simulações de acústica previsional.

A simulação de acústica previsional é uma forma de obter uma representação do ruído aeronáutico. Ela foi desenvolvida pelo GERA/COPPE/UFRJ e INFRAERO e consiste no uso de um programa de simulação de níveis de ruído, por meio do INM que realiza cálculos de acordo com métricas específicas a partir dos dados operacionais de determinado aeroporto. Principais vantagens do método proposto que podem ser destacadas:

- ✓ Trabalho desenvolvido em laboratório pode em parte dispensar as medições sonoras;
- ✓ A facilidade de correlação do movimento das aeronaves no aeroporto com níveis de ruído simulados;
- ✓ Os desenhos das curvas de ruído ilustram de modo claro o alcance destes níveis no entorno do aeroporto;
- ✓ Facilidade de cruzamento de dados das curvas de ruído com os dados de uso e ocupação do solo no entorno do aeroporto, o que contribui de modo mais efetivo para a gestão ambiental sonora;
- ✓ Geração de curvas de ruído em diferentes métricas, facilitando a correlação entre as mesmas;
- ✓ As diversas alternativas de correlação dos dados de voos, como horários, empresas, procedimentos utilizados com os níveis de ruído encontrados.

A principal desvantagem do método proposto é que se depende da qualidade dos dados de entrada: dados de movimentação e rotas das aeronaves.

7.3 Identificações dos receptores críticos, tais como: escolas, igrejas, hospitais, entre outros.

Os receptores críticos da Tabela 7-2 e 7-3 foram “os escolhidos” por serem consideradas áreas sensíveis ao ruído aeronáutico. O tipo ou a natureza das atividades potencialmente afetadas devem ser considerados, como por exemplo, na interferência na fala: escolas etc.

TABELA 7-2 - Receptores críticos escolhidos dentre escolas e hospitais para o aeroporto de Congonhas.

Coordenadas	Latitude	Longitude
Receptores Críticos		
Colégio Paulicéia	-23,625051	-46,665013
Colégio Maria Montessori	-23,608879	-46,661807
Universidade Ibirapuera	-23,610175	-46,664051
Colégio Augusto Laranja	-23,612482	-46,669150
Colégio Linus Pauling Ed.Inf.	-23,637923	-46,654451
Hospital N.S. de Lourdes	-23,644006	-46,643381
CMI Clínica Médica	-23,644480	-46,643608
Hospital Centenário	-23,609795	-46,665012
HCI Clínica Médica	-23,608529	-46,666718

Fonte: AUTOR (2013)

Na Tabela 7-2 é possível identificar os nove (9) receptores críticos escolhidos com as suas respectivas latitudes e longitudes. Eles foram escolhidos dentre instituições de ensino e saúde.

TABELA 7-3 - Receptores críticos escolhidos dentre escolas e hospitais para o aeroporto de Recife.

Coordenadas	Latitude	Longitude
Receptores Críticos		
Colégio Maria Tereza	-8,1390917	-34,91493
Escola Geração do Futuro	-8,1296694	-34,91502
Escola João Paulo II	-8,1214806	-34,91664
E. E. Professor Fernando Mota	-8,1365583	-34,91052

Fonte: AUTOR (2015)

Na Tabela 7-3 é possível identificar os quatro (4) receptores críticos escolhidos com as suas respectivas latitudes e longitudes. Eles foram escolhidos dentre instituições de ensino.

Com estas coordenadas obtidas no (*GoogleEarth*), parte-se para o próximo passo que é georreferenciar esses receptores no mapa.



Figura 7-2: Receptor crítico escola - Colégio Paulicéia (SP). **Fonte:** GoogleEarth (2012).

7-4 Utilização do software INM para a quantificação de ruído (Cálculo do LAeqD e do LAeqN e seu respectivo DNL) sobre os receptores críticos selecionados e a obtenção das suas respectivas curvas de ruído.

Com a escolha dos aeroportos a serem estudados, insere-se no INM os dados referidos de sua movimentação aeroportuária (número de voos e de aeronaves). Os dados foram obtidos no site da ANAC na seção HOTRAN (Horário do transporte), onde são fornecidas planilhas que representam todo o processo de autorização de voos regulares, da solicitação inicial feita pelas empresas aéreas à ANAC até sua aprovação.

São inseridos junto aos referidos receptores críticos determinados na etapa anterior já georreferenciados. Calculam-se os respectivos níveis de ruído e plotam-se as curvas de ruído. Considerou-se neste trabalho unicamente a aviação regular.

Na Figura 7-3 pode ser visto o site da ANAC na seção da HOTRAN. A seta vermelha indica os voos autorizados vigentes que são fornecidos aos usuários por meio de planilhas.

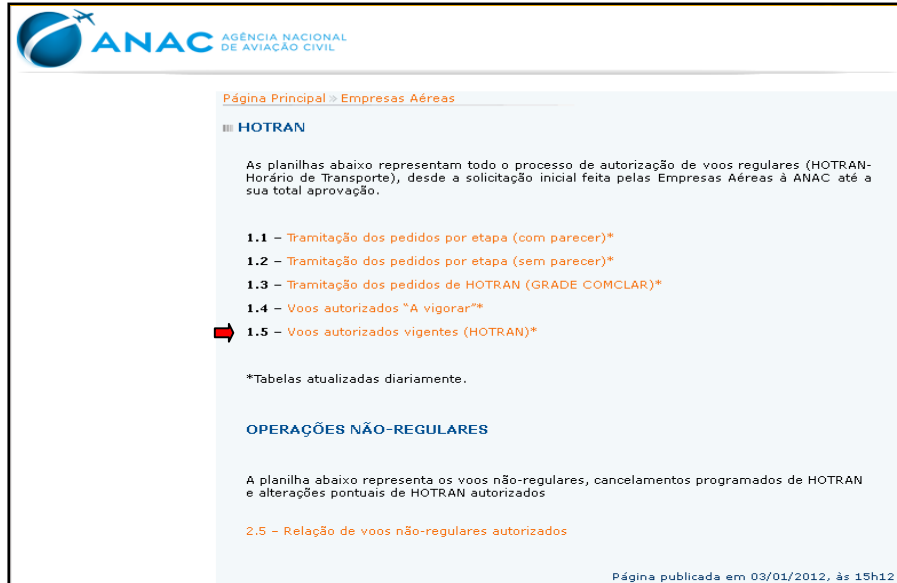


Figura 7-3: Página da HOTRAN fornece os voos autorizados vigentes. Fonte: ANAC (2012).

O HOTRAN não fornece a utilização das *tracks* (Rotas de decolagens e de pouso). Estes dados foram obtidos no site da Aeronáutica na seção de cartas, onde se averiguaram quantas e quais rotas de decolagem serão inseridas no INM.



Figura 7-4: Página da AISWEB fornece as cartas de voos vigentes. Fonte: Aeronáutica (2012).

Todos os dados obtidos na HOTRAN dos aeroportos escolhidos foram inseridos no INM 7.0, gerando as curvas de ruído e as rotas das aeronaves, como podem ser vistas na Figura 7-5 o exemplo para o aeroporto de Congonhas.

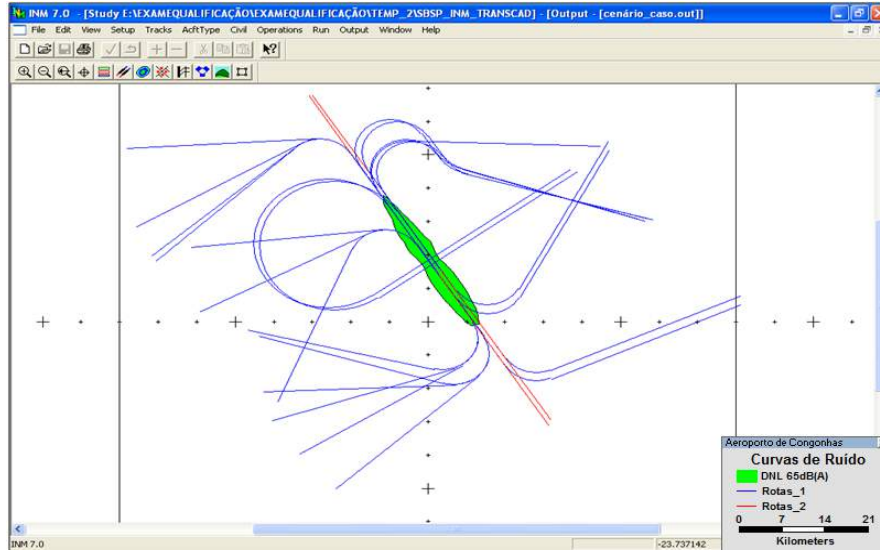


Figura 7-5: Resultado final de uma simulação de curva de ruído no aeroporto de Congonhas no INM.

Com os resultados dos dados obtidos pelo INM é possível calcular as curvas de ruído propostas na Tabela 5-3, que registra os valores em DNL obtidos da Tabela 5-2 referentes à norma NBR 10151, para áreas estritamente residenciais urbanas ou de hospitais ou escolas, cujos resultados podem ser vistos na Figura 7-6.

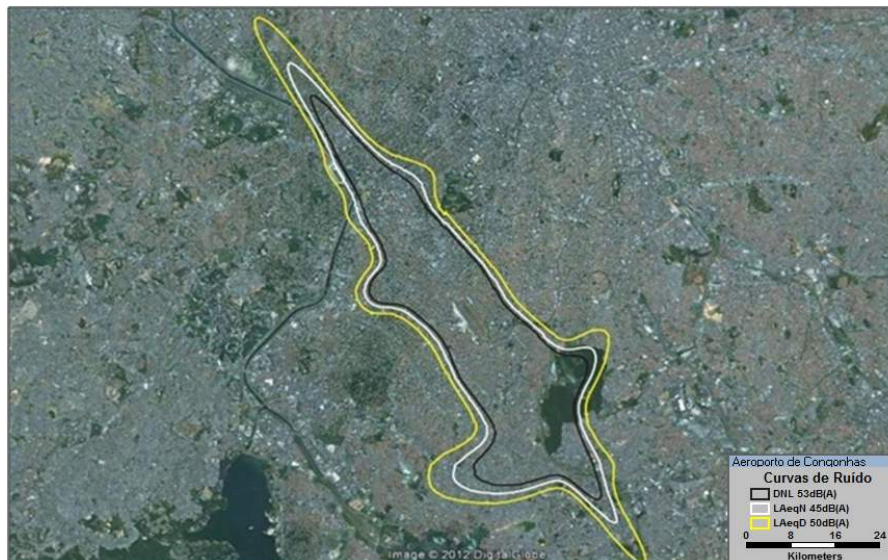


Figura 7-6: Curvas de ruído de DNL 53dB(A), LAeqD 50dB(A) e LAeqN 45dB(A).

Na Tabela 7-3 pode-se observar o respectivo LAeqD, LAeqN e DNL dos receptores críticos escolhidos calculados a partir do INM.

7.5 Exportar os dados obtidos no INM para uma ferramenta SIG (TransCAD 5.0).

Os avanços tecnológicos recentes de softwares em sistemas de informação geográfica (GIS) permitem uma análise mais acurada dos impactos sonoros do ruído aeronáutico sobre uma população, determinando as áreas sensíveis ao ruído. Essas tecnologias são bastante úteis para determinar os impactos de ruído das operações aeroportuárias sobre as comunidades adjacentes.

O SIG pode ser usado para combinar os dados da população com a saída dos modelos de ruído para fornecer estimativas detalhadas de exposição da população assim como outros dados demográficos.

Nesta Tese os resultados obtidos no INM 7.0 foram tratados no TransCAD 5.0 – ferramenta SIG - no intuito de localizar os receptores críticos dentro de um mapa de zonas censitárias, mapas esses que são obtidos no site do Ministério das Cidades, e dentro das respectivas curvas de ruído traçadas no INM 7.0.

Os receptores selecionados fornecem informações importantes de como a curva DNL 65dB(A), definida pela ANAC e a FAA como limite para instalação de residências e receptores críticos, não possui nenhuma relevância no Brasil. Apesar dela permitir a proteção do aeroporto do *encroachment*, observa-se nos principais aeroportos brasileiros a sua ineficácia como explanado por Caldas (2008) na seção 4.2 desta Tese.

Na Tabela 7-4 pode-se observar os respectivos LAeqD, LAeqN e DNL dos receptores críticos escolhidos calculados a partir do INM para o aeroporto de Congonhas.

TABELA 7-4 - Valores do LAeqD, LAeqN e DNL dos receptores críticos escolhidos para o aeroporto de Congonhas.

Métricas	DNL	LAeqD	LAeqN
Receptores Críticos			
Colégio Paulicéia	62	61	54
Colégio Maria Montessori	63	62	55
Universidade Ibirapuera	67	66	59
Colégio Augusto Laranja	67	66	59
Colégio Linus Pauling Ed.Inf.	66	65	58
Hospital N.S. de Lourdes	71	70	62
CMI Clínica Médica	71	70	63
Hospital Centenário	68	67	59
HCI Clínica Médica	68	67	59

Fonte: AUTOR (2013)

Na Tabela 7-5 pode-se observar os respectivos LAeqN e DNL dos receptores críticos escolhidos calculados a partir do INM para o aeroporto de Recife.

TABELA 7-5 - Valores do LAeqN e DNL dos receptores críticos escolhidos para o aeroporto de Recife.

Métricas	DNL	LAeqN
Receptores Críticos		
Colégio Maria Tereza	68	59
Escola Geração do Futuro	64	54
Escola João Paulo II	57	49
E. E. Professor Fernando Mota	60	54

Fonte: AUTOR (2015)

Na Figura 7-7 pode-se observar a curva DNL 65dB(A), curva padrão da norma RBAC 161 da ANAC, inserida no zoneamento urbano da cidade de São Paulo.

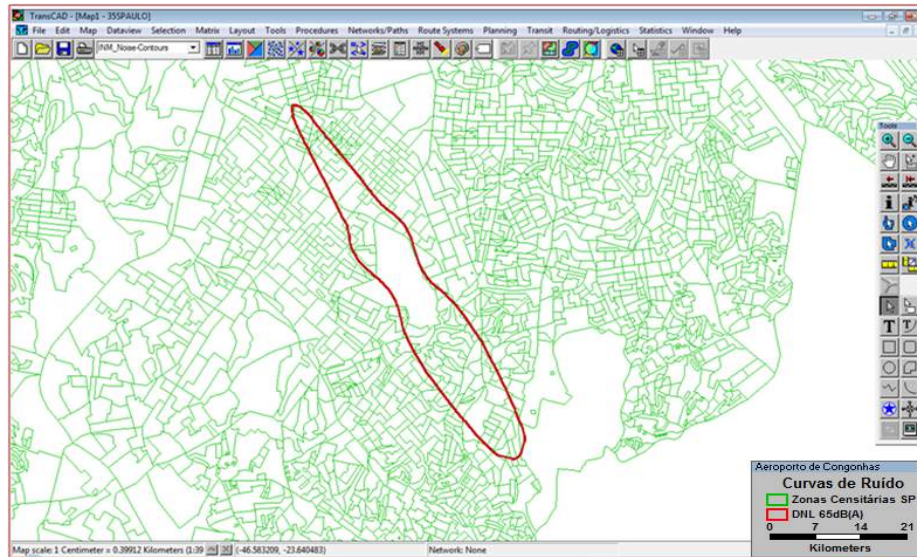


Figura 7-7: Resultado final de uma simulação de curva de ruído DNL 65dB(A) no aeroporto de Congonhas no TransCAD.

Na Figura 7-8 pode-se observar a curva DNL 65dB(A) inserida dentro da curva proposta DNL 53dB(A) e no zoneamento urbano da cidade de São Paulo e de Diadema. Além do mais, podem ser vistos os nove (9) receptores críticos escolhidos para esta Tese, georreferenciados no mapa.

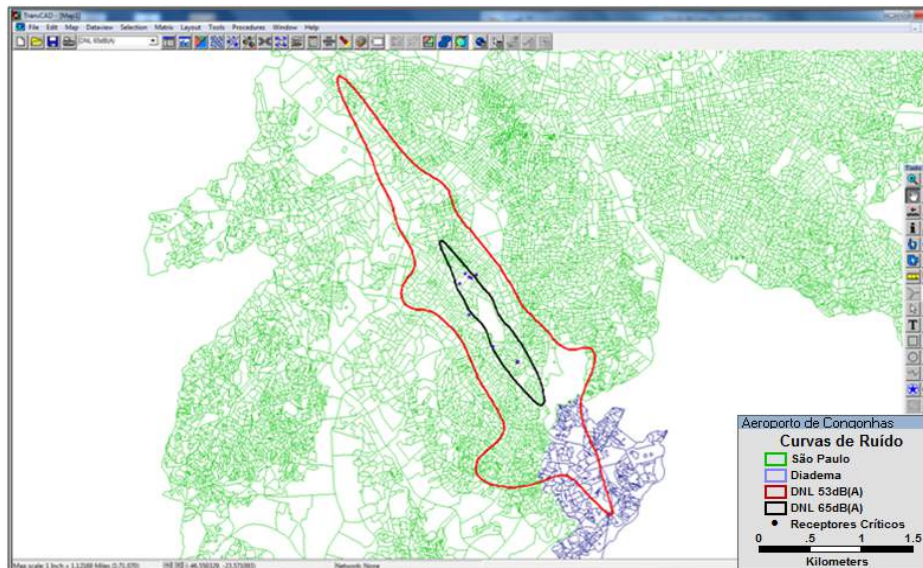


Figura 7-8: Resultado final de uma simulação de curva de ruído DNL 65dB(A) e DNL 53dB(A) no aeroporto de Congonhas no TransCAD e seus referidos receptores críticos.

A curva menor representa a curva DNL 65dB(A) sugerida pela ANAC e a FAA; a curva maior representa o DNL 53dB(A), sugerida por esta Tese como um novo

referencial para a ANAC e para as prefeituras no tratamento acústico de receptores críticos.

Os receptores selecionados fornecem informações importantes de como a curva DNL 65dB(A), definida pela ANAC e a FAA como limite para instalação de residências e receptores críticos, não possui nenhuma relevância no Brasil.

7.6 Quantificar o número de pessoas incomodadas dentro da curva de ruído.

Os mapas de setores censitários disponibilizados pelo site do ministério das cidades possuem tabelas que fornecem informações, tais como: densidade, área, população, nome do bairro, nome da região, entre outros. Com essas informações é possível determinar o número de pessoas que se encontram dentro da curva de ruído e, com o auxílio da Tabela 2-3 do Capítulo 2, conjecturar um possível número de pessoas incomodadas pelo ruído aeronáutico dentro da curva de ruído.

É importante lembrar que esta Tese estudou somente os receptores críticos, e a identificação das áreas mais populosas dentro da curva de ruído ajudará a identificar os receptores críticos a serem estudados, pois quanto mais pessoas existirem em uma área, mais serviços elas demandarão (escolas, hospitais, entre outros).

Na Figura 7-9 é possível identificar a curva DNL 65dB(A) inserida dentro do mapa de setores censitários da cidade de São Paulo e o aeroporto de Congonhas no centro da imagem. Com a área identificada é possível através do banco de dados identificar o número de pessoas dentro da curva de ruído, quantificando assim o número de pessoas incomodadas, informações estas que podem ser vistas à esquerda da figura.

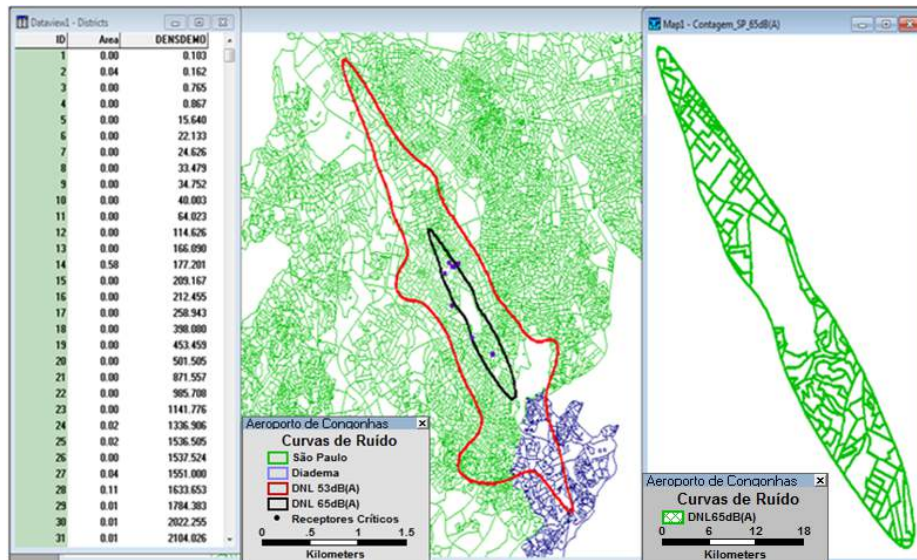


Figura 7-9: Informações fornecidas por tabelas no mapa de setores censitários do aeroporto de Congonhas no TransCAD.

Os resultados da figura mostram que a área da curva DNL 65dB(A) não envolvem satisfatoriamente todos os receptores críticos. A curva proposta, baseada na norma NBR 10151, torna-se assim uma excelente ferramenta para os tomadores de decisão, pois a área de sua curva é maior abrangendo todos os receptores críticos selecionados.

Outra grande vantagem é que se aproxima da área onde se localizam quase todas as queixas relativas ao ruído aeronáutico (SLAMA, 2006). Os moradores do município de Diadema (rota direta do aeroporto), por exemplo, localizados ao sul do aeroporto de Congonhas não eram localizados dentro da curva DNL 65dB(A), agora com a curva DNL 53dB(A) que fornece uma situação mais realista, são abrangidos em uma extensa área do seu município pela curva proposta.

Nas Figuras 7-10 e 7-11 podem ser vistas as correlações da curva DNL 53dB(A) com as cidades de São Paulo e Diadema.

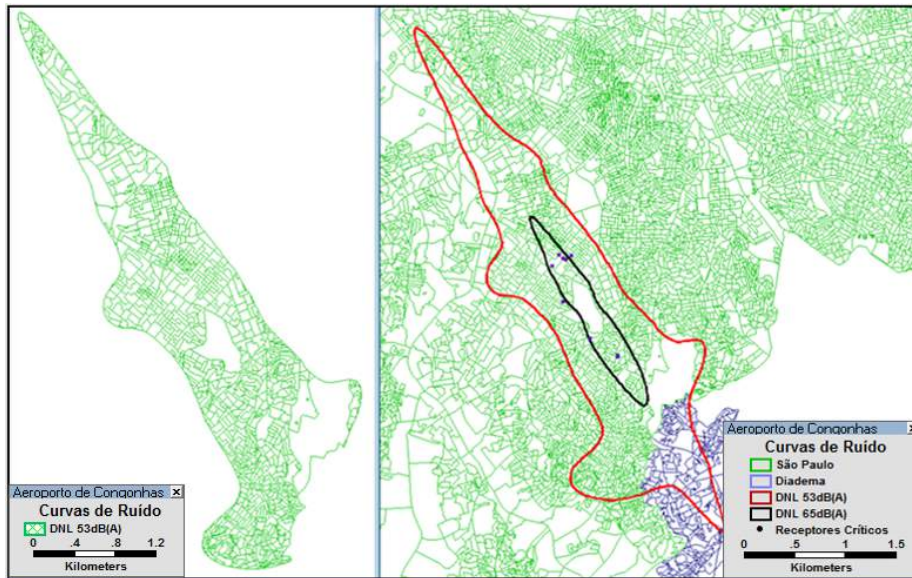


Figura 7-10: Informações fornecidas por tabelas no mapa de setores censitários do aeroporto de Congonhas no TransCAD, curva DNL 53dB(A)/São Paulo.

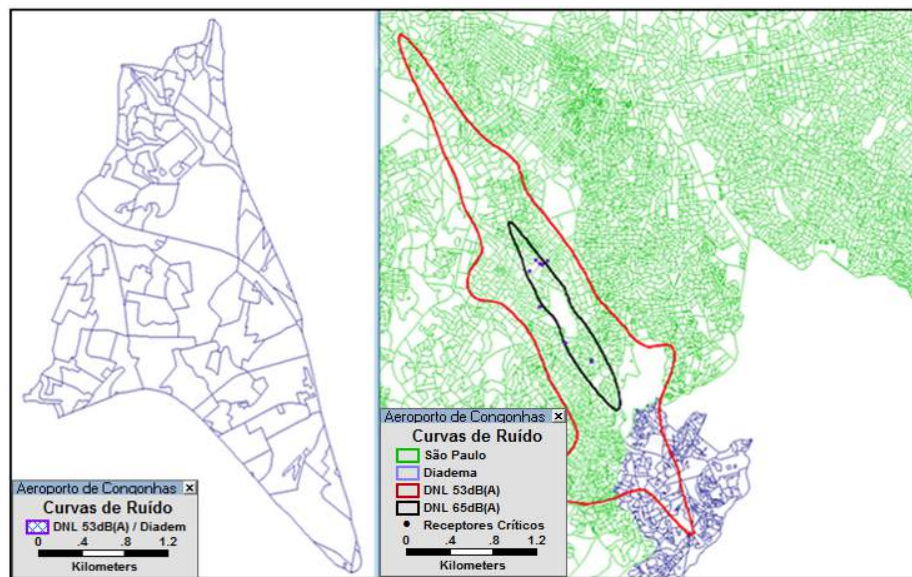


Figura 7-11: Informações fornecidas por tabelas no mapa de setores censitários do aeroporto de Congonhas no TransCAD, curva DNL 53dB(A)/Diadema.

Na interseção das curvas é possível verificar a quantidade significativa de pessoas que sofrem influência direta do aeroporto em suas vidas e que são ignoradas pelas autoridades. Este número é de quase 10 vezes o número de pessoas dentro da curva DNL 65dB(A), como pode ser observado na Tabela 7-6, dados referentes ao aeroporto de Congonhas.

TABELA 7-6 – Relação área versus população estimada em relação aos valores do DNL em dB(A) no aeroporto de Congonhas.

População dentro da área de risco.			
Cidade	DNL	População Estimada	Área
São Paulo	65dB(A)	54.732	7,55km ²
São Paulo	53dB(A)	566.897	56,28km ²
	53dB(A) ∩ 65dB(A)	512.165	48,73km ²
Diadema	53dB(A)	84.643	7,89km ²

Fonte: AUTOR (2013)

Pode-se observar também que só a curva DNL 53dB(A) oferece dados relativos ao município de Diadema e nela se pode identificar um número considerável de pessoas incomodadas.

7.7 Aplicações de uma APR nos aeroportos escolhidos.

No decorrer desta Tese inúmeros exemplos de simulações de acústica previsional foram feitas, como na identificação dos níveis de DNL dos receptores críticos selecionados no item 7.3, mas como foi observado no Capítulo 5, o DNL é apenas uma média do ruído durante o período de 24 horas. Há intervalos em que o nível de ruído é satisfatório, como no período noturno do aeroporto de Congonhas, porém, existem intervalos em que o nível de ruído é caótico, como no período diurno do mesmo.

Esta Tese, além de elaborar uma planilha baseada no valor do DNL calculado em cada receptor crítico escolhido para este estudo de caso, elaborou, também, uma planilha para o valor de LAeq mais elevado para o referido receptor.

Identificados os receptores críticos o próximo passo seria propor medidas de mitigação e não preventivas, visto que o dano já foi causado, para que os receptores críticos possam permanecer nas áreas de riscos citadas, ver Tabela 5.3.

Entretanto para propor medidas de mitigação é imperativo primeiro calcular as RR necessárias a fim de que os receptores críticos escolhidos estejam de acordo com as recomendações da OMS a respeito do impacto do ruído na saúde humana. A APR,

usada principalmente nas indústrias de processos, foi a ferramenta utilizada para calcular de forma qualitativa a RR.

7.8 Elaboração de uma planilha APR.

A área delimitada pela curva proposta DNL 53dB(A) e a curva DNL 65dB(A), como pode ser vista na Tabela 5-3, necessita de tratamento acústico. Entretanto, faz-se necessário calcular primeiro a RR que cada receptor crítico deve ter para atender às recomendações da OMS a respeito do ruído na saúde humana.

A matriz de classificação aos riscos, visto na Tabela 6-7, identificará a significância do risco no referido receptor crítico. Identificado o risco, a Tabela 6-5, apontará para possíveis RR necessárias para enquadrar os respectivos receptores nas recomendações da OMS. No intuito de uma análise mais abrangente, a norma NBR 10152 será aplicada nos receptores críticos selecionados, fazendo-se uma comparação com RBAC 161.

A planilha APR é o item que auxilia no controle do ruído aeronáutico, sendo que a mesma pode ser feita de forma rápida e objetiva. Fazer uma planilha APR oferece diversas vantagens: a principal delas é poder verificar em quais aeroportos se necessita uma atenção especial com relação à questão do ruído aeronáutico, sendo possível verificar se os mesmos estão de acordo com as regulamentações da ANAC e da OMS.

CABEÇALHO

↑

Empresa: LAVI - COPPE - ANALISE PRELIMINAR DE PERIGOS							
Projeto: Monitoração dos Principais Aeroportos Brasileiros					Hipótese Acidental: No: 01.		
Região: Sudeste					Data: 25/09/2013 - versão 0		
Aeroporto: Congonhas					Receptor Crítico: Escola, hospitais, templos, etc.		
Perigo (Intensidade)	Causas	Modo de Detecção	Consequência	F	S	R	Recomendações / Medidas Mitigadoras
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6	7	8

↓

CORPO TÉCNICO

Figura 7-12: Ilustração de uma planilha APR.

Na Figura 7-12 é apresentada uma ilustração de uma planilha APR. Com ela será explanada outras vantagens da utilização da mesma para os tomadores de decisão.

7.8.1 Cabeçalho.

O cabeçalho é simples e objetivo. Ele oferece as informações que permitem identificar os responsáveis pela análise de ruído, os dados do aeroporto que está sendo estudado e do respectivo ponto crítico em análise. Na planilha eles se apresentam da seguinte forma:

- Empresa: identifica o responsável pelo projeto (pode ser um centro de pesquisa, um laboratório ou atividades afins);
- Projeto: o que será feito no objeto de estudo (análise, estudo ou trabalho);
- Hipótese acidental: Enumera um possível cenário de acidente (fato ocorrido);
- Data: data de elaboração da APR em seu estado final;
- Versão: indica quantas vezes que uma APR teve que passar por uma revisão via requerimento da empresa ou do órgão pertinente;
- Região: identifica a região onde está sendo feito o projeto;
- Aeroporto: identifica o aeroporto que está sendo estudado, e
- Receptor Crítico: identifica o receptor crítico que está sendo estudado.

7.8.2 Corpo Técnico.

No corpo técnico se encontram as informações que vão permitir aos tomadores de decisão classificar os respectivos aeroportos em estudados em relação ao ruído aeronáutico e propor as respectivas medidas de mitigação.

7.8.2.1 Perigo (Intensidade) – (1).

Classe de Severidade		Descrição / Características			Classe de Frequência				
		Intensidade	Efeitos negativos na Saúde	Reação	Imagem (Alcance)	A Remota	B Pouco provável	C provável	D Frequente
V	Super Crítica ou Catastrófica	70 – 75 dB	Aumenta os riscos de enfartes e outras doenças sérias	O organismo fica sujeito ao estresse degenerativo além de abalar a saúde mental	Impacto Nacional	T	M	NT	NT
IV	Crítica	65 – 70 dB	Diminui a resistência imunológica entre outros	O organismo reage para tentar se adequar ao ambiente	Impacto Municipal	T	M	NT	NT
III	Marginal	55 – 65 dB	Diminui o poder de concentração	A pessoa fica em estado de alerta, não relaxa.	Impacto na região do aeroporto	T	T	M	M
II	Desprezível	50 – 55 dB	Danos insignificantes as pessoas, à propriedade e /ou ao meio ambiente.	O organismo começa a sofrer os impactos do ruído	Impactos pontuais	T	T	T	M
I	Sem problema	Até 50 dB	Sem Danos	Confortável (Limite da OMS)	Sem Impacto	T	T	T	T

Figura 7-13: Níveis de ruído na matriz de classificação de riscos.

Esta coluna contém os perigos (em forma de intensidade sonora ou nível de pressão sonora) identificados e relacionados a eventos acidentais, com potencial para causar danos à saúde.

A intensidade são os valores de níveis de ruído em que um determinado receptor crítico pode-se encontrar, como pode ser visto na Figura 7-13.

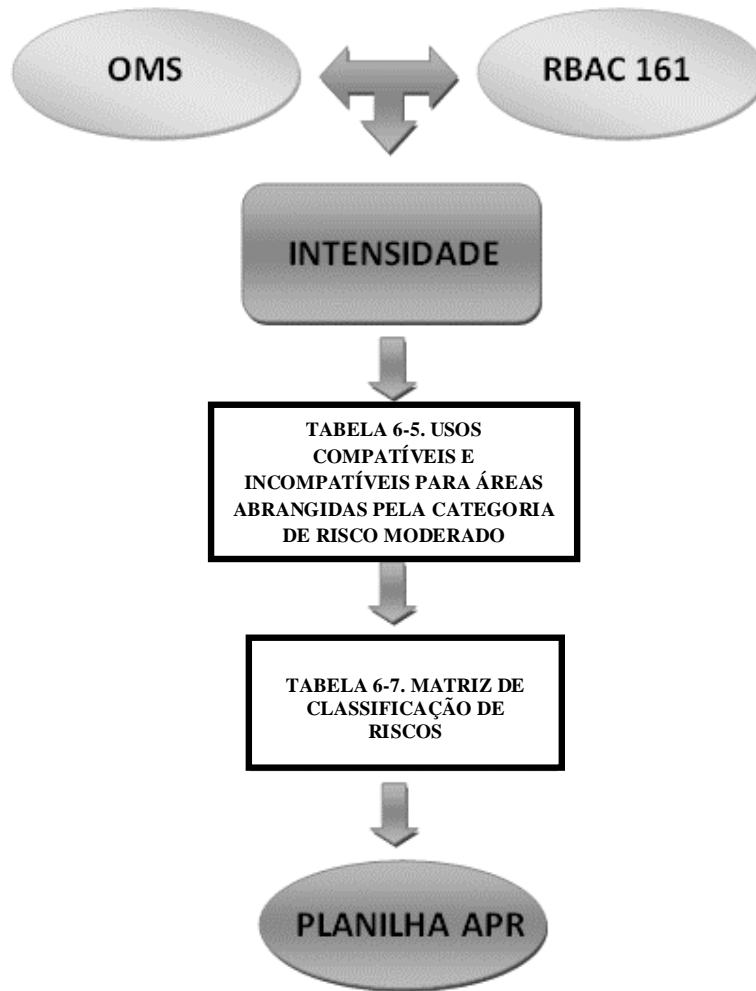


Figura 7-14: Intensidade correlacionando-se com a OMS e a RBAC161.

A intensidade nesta Tese faz uma correlação entre as recomendações da OMS vista na Tabela 2-1 e as recomendações da RBAC 161 vistas na Tabela 4-2. Essa correlação gerou a Tabela 6-5, que auxiliou na construção da Tabela 6-7. É a partir dessa última tabela que a planilha APR gera resultados para os aeroportos estudados. Essa estrutura pode ser visualizada na Figura 7-14 acima.

7.8.2.2 Causas – (2).

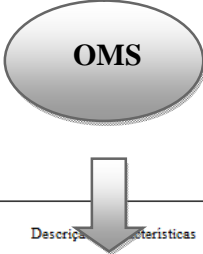
As causas de vários perigos são descritas nesta coluna. Uma das vantagens da utilização de uma planilha APR é que ela permite trabalhar com vários cenários de acontecimentos em um aeroporto em tempo real, permitindo aos tomadores de decisão agir de forma mais célere. Dentre os vários cenários possíveis podem-se destacar:

- Movimentos regulares de aeronaves em determinados horários;
- Teste de Motores;
- Aterrissagens não programadas;
- Mudanças nos horários de funcionamento do aeroporto;
- Aumento de voos regulares;
- Diminuição de voos regulares;
- Adoção de novas rotas pelo aeroporto;
- Ampliação do aeroporto;
- Proibição de aeronaves mais antigas de operar no aeroporto;
- O aeroporto como ponto de conexão para voos internacionais;
- Restrições para voos noturnos;
- Problemas meteorológicos que afetam o funcionamento do aeroporto;
- Entre outros.

7.8.2.3 Modos de detecção – (3).

Os modos existentes para detectar o perigo ou a causa são indicados nesta coluna. Os modos de detecção dizem respeito a como o ruído é percebido pelas as pessoas que são incomodadas por ele e pelos tomadores de decisão, que em geral são: visual, auditiva ou através de medidores de ruído.

7.8.2.4 Consequência – (4).



Classe de Severidade		Descrição das Características			Classe de Frequência				
		Intensidade	Efeitos negativos na Saúde	Ração	Imagem (Alcance)	A Remota	B Pouco provável	C provável	D Frequente
V	Super Crítica ou Catastrófica	70 – 75 dB	Aumenta os riscos de enfartes e outras doenças sérias	O organismo fica sujeito ao estresse degenerativo além de abalar a saúde mental	Impacto Nacional	T	M	NT	NT
IV	Crítica	65 – 70 dB	Diminui a resistência imunológica entre outros	O organismo reage para tentar se adequar ao ambiente	Impacto Municipal	T	M	NT	NT
III	Marginal	55 – 65 dB	Diminui o poder de concentração	A pessoa fica em estado de alerta, não relaxa.	Impacto na região do aeroporto	T	T	M	M
II	Desprezível	50 – 55 dB	Danos insignificantes as pessoas, à propriedade e /ou ao meio ambiente.	O organismo começa a sofrer os impactos do ruído	Impactos pontuais	T	T	T	M
I	Sem problema	Até 50 dB	Sem Danos	Confortável (Limite da OMS)	Sem Impacto	T	T	T	T

Figura 7-15: Consequências são derivadas das recomendações da OMS.

São listadas nessa coluna as possíveis consequências geradas a partir dos eventos. Conforme pode ser vista na Figura 7-15, as consequências são baseadas nas recomendações da OMS vistas na Tabela 2-1 desta Tese.

7.8.2.5 Frequência – (5).

Classe de Severidade		Descrição / Características				Classe de Frequência			
		Intensidade	Efeitos negativos na Saúde	Reação	Imagem (Alcance)	A Remota	B Pouco provável	C provável	D Frequente
V	Super Crítica ou Catastrófica	70 – 75 dB	Aumenta os riscos de enfartes e outras doenças sérias	O organismo fica sujeito ao estresse degenerativo além de abalar a saúde mental	Impacto Nacional	T	M	NT	NT
IV	Crítica	65 – 70 dB	Diminui a resistência imunológica entre outros	O organismo reage para tentar se adequar ao ambiente	Impacto Municipal	T	M	NT	NT
III	Marginal	55 – 65 dB	Diminui o poder de concentração	A pessoa fica em estado de alerta, não relaxa.	Impacto na região do aeroporto	T	T	M	M
II	Desprezível	50 – 55 dB	Danos insignificantes as pessoas, à propriedade e /ou ao meio ambiente.	O organismo começa a sofrer os impactos do ruído	Impactos pontuais	T	T	T	M
I	Sem problema	Até 50 dB	Sem Danos	Confortável (Limite da OMS)	Sem Impacto	T	T	T	T

Figura 7-16: Classe de frequência.

A classe de frequência, vista na Tabela 6-2 desta Tese, faz uma correlação entre a intensidade e as causas na planilha AP. Ela está relacionada aos eventos que ocorrem no aeroporto durante o ano. Cada evento de acidente é classificado e fornecem uma indicação qualitativa de frequência esperada de ocorrência para os eventos identificados.

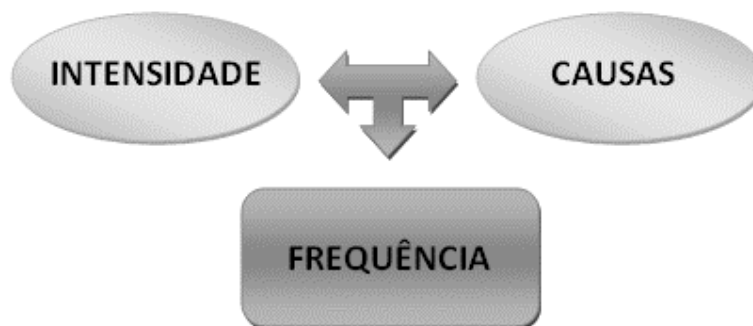


Figura 7-17: Classe de frequência é uma relação entre intensidade e causas.

7.8.2.6 Severidade – (6).

Classe de Severidade		Descrição / Características				Classe de Frequência			
		Intensidade	Efeitos negativos na Saúde	Reação	Imagem (Alcance)	A Remota	B Pouco provável	C provável	D Frequente
V	Super Crítica ou Catastrófica	70 – 75 dB	Aumenta os riscos de enfartes e outras doenças sérias	O organismo fica sujeito ao estresse degenerativo além de abalar a saúde mental	Impacto Nacional	T	M	NT	NT
IV	Crítica	65 – 70 dB	Diminui a resistência imunológica entre outros	O organismo reage para tentar se adequar ao ambiente	Impacto Municipal	T	M	NT	NT
III	Marginal	55 – 65 dB	Diminui o poder de concentração	A pessoa fica em estado de alerta, não relaxa.	Impacto na região do aeroporto	T	T	M	M
II	Desprezível	50 – 55 dB	Danos insignificantes as pessoas, à propriedade e /ou ao meio ambiente.	O organismo começa a sofrer os impactos do ruído	Impactos pontuais	T	T	T	M
I	Sem problema	Até 50 dB	Sem Danos	Confortável (Limite da OMS)	Sem Impacto	T	T	T	T

Figura 7-18: Classe de severidade.

Os cenários de acidentes são classificados em categorias de severidade, vista na Tabela 6-3 desta Tese, faz-se uma correlação entre a intensidade e as consequências.



Figura 7-19: Classe de severidade é uma relação entre intensidade e consequência.

7.8.2.7 *Risco* – (7).

Classe de Severidade		Descrição / Características				Classe de Frequência			
		Intensidade	Efeitos negativos na Saúde	Ração	Imagem (Alcance)	A Remota	B Pouco provável	C Frequentável	D Frequente
V	Super Crítica ou Catastrófica	70 – 75 dB	Aumenta os riscos de enfartes e outras doenças sérias	O organismo fica sujeito ao estresse degenerativo além de abalar a saúde mental	Impacto Nacional	T	M	NT	NT
IV	Crítica	65 – 70 dB	Danos moderados	O organismo começa a sofrer os impactos do ruído	Impacto Municipal	T	M	NT	NT
III	Marginal	55 – 65 dB	Diminui o poder de concentração	estado de alerta, não relaxa	Impacto na região do aeroporto	T	T	M	M
II	Desprezível	50 – 55 dB	Danos insignificantes as pessoas, a propriedade e /ou ao meio ambiente.	O organismo começa a sofrer os impactos do ruído	Impactos pontuais	T	T	T	M
I	Sem problema	Até 50 dB	Sem Danos	Confortável (Limite da OMS)	Sem Impacto	T	T	T	T

Figura 7-20: Classificação do risco.

A última etapa de uma planilha APR é a classificação do risco e ela pode ser obtida fazendo uma correlação entre a classe de frequência e a classe de severidade, conforme pode ser visto na Figura 7-20. É por meio desta classificação que será observado se o aeroporto necessita ou não de medidas de mitigação de ruído. Conforme visto Tabela 6-4 desta Tese, o risco pode ser classificado em: Tolerável, Moderado e Não Tolerável.

Nesta Tese optou-se por trabalhar com o risco Moderado, visto que o risco Tolerável não necessita de nenhuma medida mitigadora, como não necessita também o risco Não Tolerável, pois sendo Não Tolerável, a permanência do receptor crítico nessa região é proibitiva.

Definido o risco como Moderado, o passo seguinte seria calcular a redução de ruído necessária para que esse receptor crítico possa permanecer nessa região. Ao classificá-lo como público ou privado e sua razão social, é possível com o auxílio da Tabela 6-5 desta Tese e com a intensidade de ruído calculado para o mesmo, calcular a sua respectiva redução de ruído.

7.8.2.8 Recomendações / Medidas mitigadoras – (8).

As recomendações e/ou observações contidas na planilha são sugeridas para os eventos cujos riscos são considerados como inaceitáveis. Estas recomendações visam à redução da frequência e/ou à magnitude das suas consequências das hipóteses acidentais apresentadas e são baseadas de acordo com a Tabela 6-5, onde são sugeridos valores de redução de ruído necessários para que o receptor crítico permaneça nesta área.

Ao ter o conhecimento das reduções de ruído necessárias para que esse receptor crítico possa permanecer na área de estudo, o próximo passo seria propor medidas de mitigação de ruído. A principal medida de mitigação de ruído é a melhoria do isolamento acústico de fachadas. Ele é o meio mais indicado para que o ruído interno dos ambientes de fachadas submetidas à poluição sonora externa não ultrapasse limites de desconforto para os usuários dos imóveis. Para maiores detalhes sobre o isolamento acústico, ver Apêndice F desta Tese.

No Capítulo 8, será apresentado um breve estudo dos aeroportos escolhidos por essa Tese, a seguir.

CAPÍTULO 8

Os Aeroportos Seleccionados.

8.1 O aeroporto de Congonhas.

Para o estudo de caso foi seleccionado primeiro o aeroporto de Congonhas, que se caracteriza por não apresentar voos noturnos, sendo bastante caótico durante o dia. Ele é historicamente considerado o aeroporto primário da região metropolitana de São Paulo devido à concentração da população. Uma população concentrada (in)convenientemente perto do aeroporto.



Figura 8-1: Aeroporto de Congonhas SBSP. Fonte: www.sampaonline.com.br (2012).

Neste capítulo foi estudada a aplicação da proposta de adequação de uma curva complementar ao DNL 65dB(A) com base na métrica LAeq no entorno do aeroporto de Congonhas. Mas antes disso, buscou-se conhecer mais profundamente a sensibilidade

sonora da área aqui tratada, a postura do município de São Paulo frente às questões urbanísticas e o próprio aeroporto de Congonhas.

Primeiramente é traçado um histórico do aeroporto ao longo das décadas, bem como da evolução urbana em seu entorno gerando os primeiros conflitos entre a comunidade e o aeroporto. Nesta parte também são apontadas as primeiras consequências de tais conflitos para o aeroporto e lembrados alguns dos fatos mais marcantes em sua história.

Depois, expõe-se a situação do aeroporto quanto as suas características e limitações físicas, as suas atuais e restritas condições de operação e ao seu Plano de Zoneamento de Ruído em vigência.

Por fim, estuda-se a elaboração de uma curva complementar ao DNL 65dB(A), desde a obtenção dos receptores críticos, passando pela identificação do número de voos e suas rotas, pela quantificação das pessoas dentro da curva DNL 65dB(A) e da nova curva proposta até as medidas de mitigação de ruído a serem propostas.

8.1.1 Perfis históricos do aeroporto de Congonhas e as características do seu entorno.

O aeroporto de Congonhas foi oficialmente inaugurado em 12 de abril de 1936. Porém, começou a operar dois anos antes com apenas uma pista de terra, em decorrência dos quatro meses de interdição do Campo de Marte por causa de um alagamento naquele ano (RIBEIRO, 2007).

Em 1936, o aeroporto de Congonhas estava bem distante do centro urbano da capital paulista, como pode ser visto na Figura 8-2. Mas apesar dessa evidência, os moradores da região afirmam que antes do aeroporto ser construído parte dessa área já tinha sido ocupada.



Figura 8-2: Aeroporto de Congonhas (1936). **Fonte:** www.skyscrapercity.com (2012).

Contudo, o principal responsável e impulsionador da ocupação irregular do lugar foi o aeroporto porque várias melhorias foram feitas na estrada para Santo Amaro por sua conta, facilitando o acesso das pessoas para essa região.

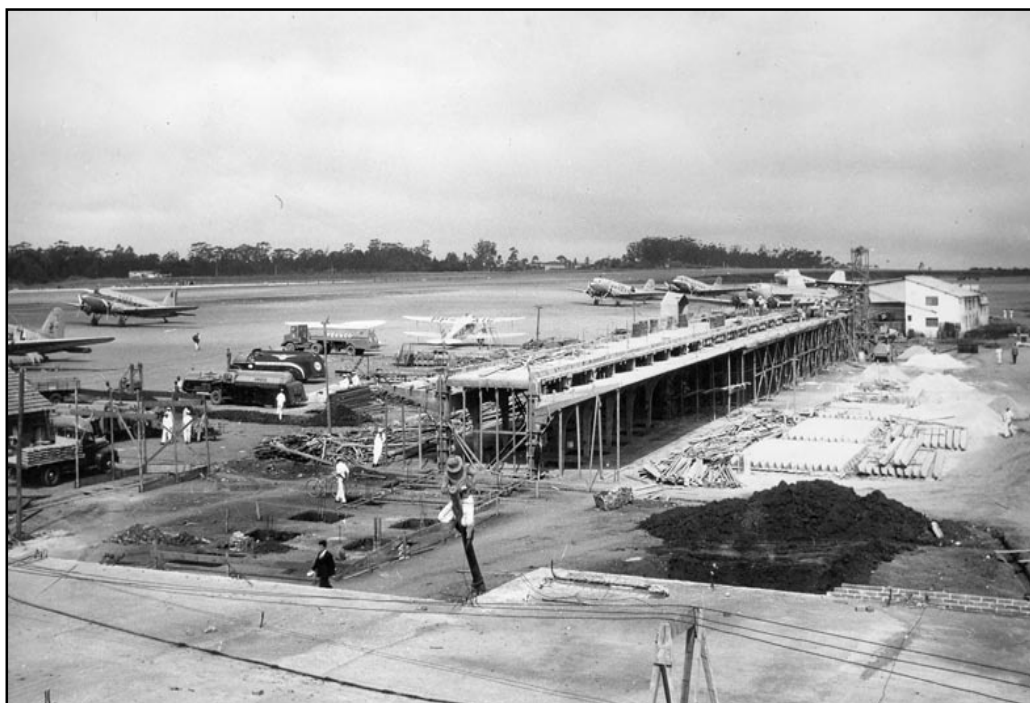


Figura 8-3: Aeroporto de Congonhas SBSP. **Fonte:** www.skyscrapercity.com (2012).

Naquela época o aeroporto, que se encontrava ao sul do subúrbio da cidade, foi recebendo em seu trajeto estabelecimentos comerciais e, conseqüentemente, as residências.

Em 1957, Congonhas ocupava o terceiro lugar entre os maiores aeroportos do mundo em volume de carga aérea, ficando atrás apenas dos de Londres e Paris, segundo o livro “*No Ar 60 Anos do Aeroporto de Congonhas*”, da historiadora Giselle Beiguelman. A sua importância para cidade e a riqueza que gerava refletiu-se em um rápido crescimento residencial e comercial nos arredores do aeroporto entre 1960 e 1970.

Tal ocupação no entorno do aeroporto somada à gradativa substituição das aeronaves a hélice por aeronaves a jato (mais ruidosas) que ocorria nessa época, levou aos primeiros conflitos entre o aeroporto e a comunidade vizinha em decorrência do ruído.

Em 1986, com a inauguração do Aeroporto de Cumbica, em Guarulhos, que absorveu quase a totalidade dos voos domésticos, Congonhas ficou subaproveitado. O aeroporto perdeu 50% no volume de passageiros e 30% no de aeronaves. Desolados, os lojistas planejam transformá-lo em *shopping center*, plano vetado pela Infraero. Mas o movimento foi aos poucos retomado pelas empresas regionais como TAM e Rio-Sul, operando com jatos menores e pelas empresas de táxi aéreo. No aniversário de 60 anos do aeroporto, em 1996, o cenário já era de plena recuperação econômica, com o aeroporto tendo registrado um ano antes, em 1995, o maior número de pousos e decolagens da América Latina. O aeroporto de Congonhas é hoje o mais movimentado do País e da América do Sul e encontra-se completamente inserido na metrópole, como pode ser visto na Figura 8-4.



Figura 8-4: Aeroporto de Congonhas SBSP. Fonte: www.wordpress.com.com (2012).

Como a pista do aeroporto é pequena e as aeronaves que operam nele de grande porte, elas se veem obrigadas a saírem com suas turbinas a toda potência em direção aos enormes prédios a sua frente. Para uma possível ampliação da pista se faz necessário desapropriar diversas edificações, visto que o adensamento urbano no entorno do aeroporto ser muito grande. Na década de 1950, antes de começar a ocupação urbana no entorno do aeroporto (*encroachment*), talvez o correto tivesse sido que se determinasse uma área onde seria proibido construir qualquer edificação, como a norma RBAC 151 exige nos dias de hoje.

A imagem da Figura 8-5 mostra a visão que o piloto tem ao se aproximar para o pouso pela cabeceira 35 do aeroporto de Congonhas, na zona sul de São Paulo, pelos lados do bairro do Jabaquara. O que chama atenção é um conjunto de prédios que aparecem no meio do caminho (seta vermelha indicando).



Figura 8-5: Aeroporto de Congonhas – visão da cabeceira 35. **Fonte:** www.wordpress.com.com (2012).

Do outro lado a situação não é diferente, como se pode observar na Figura 8-6. Ela nos mostra a visão que o piloto tem ao se aproximar para o pouso pela cabeceira 17 do aeroporto de Congonhas, na zona norte de São Paulo, pelos lados do bairro de Moema.



Figura 8-6: Aeroporto de Congonhas – visão da cabeceira 17. **Fonte:** www.quatrocantos.com (2012).

A ocupação irregular ou *encroachment* interfere nas operações e rotinas do aeroporto nos aspectos operacionais e de segurança (voo e patrimonial), sendo motivo de constante vigilância, além de gerar danos ao meio ambiente pelo despejo de resíduos sólidos e líquidos. Este problema existe na maioria dos aeroportos administrados pela Infraero, pois tanto os vizinhos adentram a área aeroportuária causando danos ao patrimônio como também colocam em risco as operações das aeronaves.

É fato que após a implantação dos aeroportos no Brasil, sempre ocorre uma ocupação desordenada em seu entorno. Isto é devido às várias infraestruturas adicionais que o aeroporto traz para as regiões onde são implantados: sistema viário, energia, água, esgoto. Por isso deveriam ser anexadas ao plano diretor do município leis que disciplinassem esse crescimento.

O caso mais conhecido desse descaso com a preservação do entorno aeroportuário é o do aeroporto de Congonhas na cidade de São Paulo. Atualmente, a ele foram impostas restrições de operações em vários níveis que vão desde o limite do horário de operação, teste de motores etc., inviabilizando por completo a sua ampliação.

Em dezembro de 1994, por força da Portaria 656 GM/5 (*apud* SCATOLINI e ELLER, 2008), o horário de funcionamento do aeroporto foi limitado entre 6h e 23h. O aeroporto de Congonhas, que já era muito movimentado, mostrou-se saturado devido à limitação desse intervalo que permanece até hoje, condensando suas atividades de pouso e decolagem.

Hoje, o único instrumento utilizável para preservar um sítio aeroportuário de ocupação irregular é por meio de projeto de lei disciplinando o uso do solo.



Figura 8-7: Aeroporto de Congonhas SBSP - Decolagem. **Fonte:** <http://pt.beezzer.com> (2012).

De 1996 até hoje, o aeroporto de Congonhas protagonizou dois dos maiores acidentes da aviação brasileira e os conflitos com os representantes das comunidades locais por causa do ruído das aeronaves, a despeito da limitação no horário de funcionamento, nunca deixaram de existir. Também há a insegurança dos pilotos em relação à quantidade de edifícios altos que se instalaram nas proximidades do aeroporto.

Tais questões e os problemas provocados pela saturação da capacidade do aeroporto de Congonhas têm levado as autoridades a buscarem soluções em outros aeroportos do estado de São Paulo, como o de Cumbica, em Guarulhos, e o de Viracopos, em Campinas. Entretanto, atualmente há quase uma unanimidade em considerar o aeroporto de Congonhas indispensável à aviação brasileira.

8.1.2 Características físicas e operacionais do aeroporto.

O aeroporto cresceu pouco em espaço físico desde a data de sua inauguração. Atualmente ocupa uma área de 1.647.000m², muito pequena se comparada aos outros aeroportos importantes do Brasil. Mais ainda, se consideramos que ele está entre os mais movimentados do país. As duas pistas que o aeroporto possui são também curtas

em comparação às pistas de outros aeroportos. Segundo a INFRAERO (2012), os dados do complexo aeroportuário são apresentados resumidamente na Tabela 8.1.

TABELA 8.1 – Dados da infraestrutura aeroportuária de Congonhas.

Dados Gerais		Dados Numéricos
Área do Aeroporto		1.647.000m ²
Área do Pátio de Aeronaves		77.321m ²
Área do Terminal de Passageiros		64.579m ²
Dimensões das Pistas (comprimento e largura)	Principal (17R – 35R)	1940m x 45m
	Auxiliar (17L – 35 R)	1435m x 45m
Movimento de Passageiros Ano 2012	16.775.785	

Fonte: INFRAERO (2012).

Em compensação, a capacidade operacional de Congonhas cresceu bastante ao longo dos anos. O aeroporto chegou a registrar, no ano de 2006, mais de 18 milhões de passageiros – mais de 50% acima de sua capacidade, que era de 12 milhões em 2006. Naquele ano, Congonhas foi o maior aeroporto do Brasil em número de aeronaves e de passageiros e o segundo em carga aérea.

Em 2007, houve um recuo no número de passageiros transportados (mais de 15 milhões) Mas ainda assim, o aeroporto operou acima de sua capacidade e continuou sendo o maior do Brasil em número de aeronaves. Atualmente a capacidade anual do aeroporto de Congonhas é de 15 milhões de passageiros.

No Brasil, Congonhas/SP e Santos Dumont/RJ possuem restrições quanto ao horário de funcionamento, mas nem sempre foi assim. No início dos anos 90, Congonhas passou a ter as operações suspensas das 23h às 6h da manhã do dia seguinte, na época medida bastante acertada em função do nível de ruído provocado no entorno do aeroporto.

Até o começo dos anos 2000, o horário de encerramento do aeroporto de Congonhas podia ser “flexibilizado” com o aval da autoridade aeronáutica. Mas com a Portaria DGAC n.188, de 2005, além da restrição horária, o aeroporto passava a ter

como principal objetivo o atendimento de voos com origem e destino ao aeroporto Santos Dumont, no Rio de Janeiro. Tais determinações, entretanto, foram várias vezes derrubadas nos períodos subseqüentes, voltando a vigorar em 8 de outubro de 2008 com a criação da Resolução 55.

Entre outros pontos, a Resolução 55 restabeleceu a restrição para movimentação de aeronaves entre 6h e 23h, a proibição de operação com aeronaves capítulo 2 nos períodos de 6h às 7h e de 22h às 23h, além de proibir os voos em escalas. Também em 2008, no mês de setembro, a Resolução 53 retirou oficialmente o aeroporto de Congonhas do rol dos aeroportos internacionais do Brasil, passando este a ser identificado como aeroporto de São Paulo/Congonhas.

Hoje Congonhas opera com bastante rigidez. Empresas, controladores e pilotos se adaptaram, tanto é que não há voos programados para decolar depois das 22h e 30min.

Atualmente, após várias medidas para reduzir o tráfego de aeronaves no aeroporto, que em 2006 era de 48 pousos/decolagens por hora, Congonhas está restrito ao máximo de 34 movimentos horários.

8.1.3 Plano de zoneamento de ruído em vigência.

O Plano Específico de Zoneamento de Ruído (PEZR) do aeroporto de Congonhas foi elaborado pelo antigo IAC e consta no anexo LXXXIX da Portaria 0629/GM5, de 2 de maio de 1984. Mesmo tendo sido elaborado há mais de vinte anos, o PEZR de Congonhas vigora até hoje.

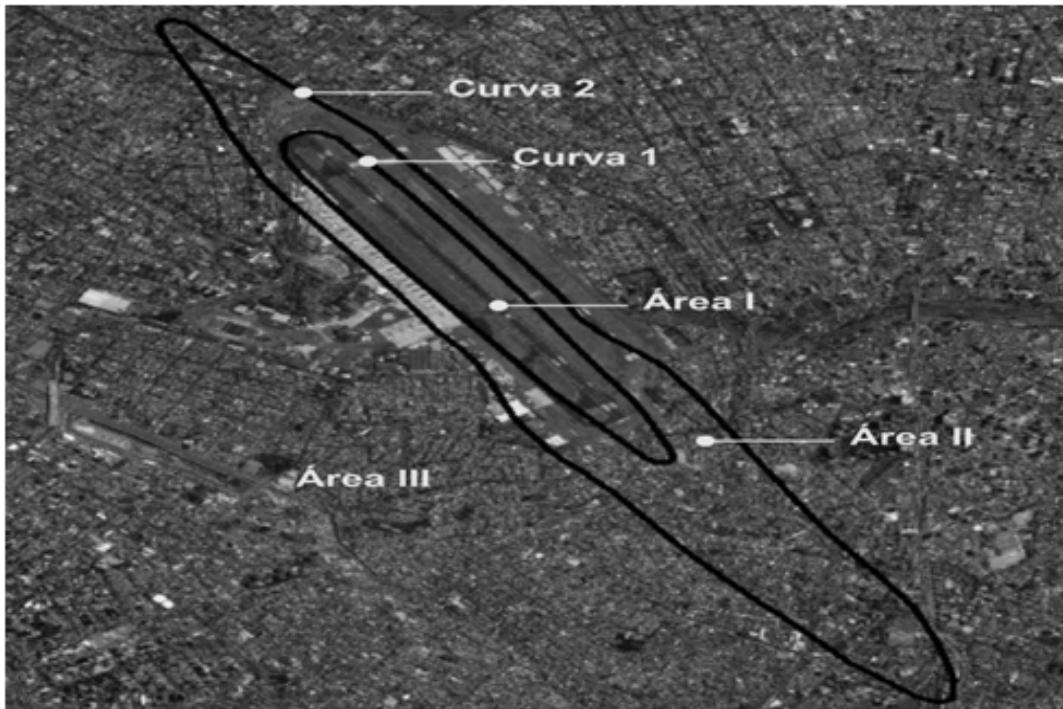


Figura 8-8: Modelo de PEZR atual do aeroporto de Congonhas. **Fonte:** GERA (2009).

O PEZR de Congonhas (ver Figura 8-8) foi feito segundo o modelo dos PBZRs ditado pela Portaria 1141. Isto é, possui somente as três áreas delimitadas pelas curvas de ruído 1 e 2 (curvas isofônicas, ver no Anexo A). As curvas de ruído deste PEZR também não foram conformadas ao desenho urbano, como é usual em PEZR mais recentes; tampouco as demais características do entorno do aeroporto, como o uso e ocupação do solo, a legislação urbana local etc. foram consideradas.

Além de já estar obsoleto, o PEZR do aeroporto de Congonhas é incompleto, pois as curvas de ruído que o compõem são referentes à movimentação de aeronaves somente na pista principal (17R-35L). A pista auxiliar (17L-35R) não possui qualquer tipo de Plano de Zoneamento de Ruído.

Complementando o PEZR, compõem o conjunto de Planos de Proteção do aeroporto de Congonhas:

- ✓ O PEZPA – Plano Específico de Zona de proteção do Aeródromo de Congonhas, aprovado pela Portaria nº26/2 EM, de 21 de maio de 2001;
- ✓ O PLEM – O Plano de Emergência Aeronáutica, elaborada pela INFRAERO e vigente desde 31 de outubro de 2001.

8.2 O aeroporto de Recife.

O outro aeroporto selecionado para o estudo de caso foi o aeroporto de Recife, que caracteriza-se por apresentar voos diurnos e noturnos. Esse é o maior complexo aeroportuário do Norte-Nordeste brasileiro, sendo considerado o melhor aeroporto do Brasil e o segundo melhor da América do Sul, de acordo com o *ranking* 2012 da *Skytrax*⁴⁰. Em 2014, galgou o sétimo lugar como melhor aeroporto da América do Sul, de acordo com a *World Airport Awards* 2014, da *Skytrax*. Ele também foi o mais bem posicionado entre os brasileiros, além de liderar na qualidade dos funcionários, ao se considerar apenas os aeroportos da América do Sul.

Em 2015 ganhou o título de melhor aeroporto do Brasil, superando o de Campinas em São Paulo e o do Galeão no Rio de Janeiro. Ele é o décimo aeroporto mais movimentado do país, sendo o segundo terminal mais movimentado do Nordeste. Além de sétimo do país em voos internacionais, de acordo com a lista dos mais movimentados aeroportos do Brasil. Em pesquisa da Secretaria de Aviação Civil (2013), foi considerado o quinto melhor terminal de passageiros do país.



Figura 8-9: Aeroporto de Recife SBRF. **Fonte:** www.noticias.uol.com.br (2014).

⁴⁰ A *Skytrax* é uma empresa de consultoria do Reino Unido, cuja principal atividade é a análise do mercado da aviação.

Neste capítulo foi estudada a aplicação da proposta de adequação de uma curva complementar ao DNL 65dB(A) com base na métrica LAeq no entorno do aeroporto de Recife. Mas antes disso, buscou-se conhecer mais profundamente a sensibilidade sonora da área aqui tratada, a postura do município de Recife frente às questões urbanísticas e ao próprio aeroporto de Recife.

Primeiramente é traçado um histórico do aeroporto ao longo das décadas, bem como da evolução urbana em seu entorno, que geraram os primeiros conflitos entre a comunidade e o aeroporto. Nesta parte também são apontadas as primeiras consequências de tais conflitos para o aeroporto e lembrados alguns dos fatos mais marcantes de sua história.

Depois, expõe-se a situação do aeroporto quanto às suas características e limitações físicas, suas atuais e restritas condições de operação, e seu Plano de Zoneamento de Ruído em vigência.

Por fim, estuda-se a elaboração de uma curva complementar ao DNL 65dB(A), desde a obtenção dos receptores críticos, passando pela identificação do número de voos e de suas rotas, pela quantificação das pessoas dentro da curva DNL 65dB(A) e da nova curva proposta e pelas medidas de mitigação de ruído a serem propostas.

8.2.1 Perfis históricos do aeroporto de Recife e as características do seu entorno.

Sua construção antecede a II Guerra Mundial, sendo que o conflito serviu para melhorar a estrutura da Base Aérea do Recife e, conseqüentemente, do próprio aeroporto. No final da década de 1940, o Recife passou a ter grande importância no tráfego aéreo, em meio às aerovias do Atlântico Sul - Europa, por sua posição geográfica estratégica.

Os aviões internacionais da época não tinham autonomia suficiente para fazer o percurso da Europa em voo direto para o Rio de Janeiro ou para São Paulo, sendo forçados a pousar no Recife. As acanhadas instalações do Ibura tornaram-se inadequadas, não suportando a crescente demanda no setor.

Em 1946, a infraestrutura foi ampliada para duas pistas cruzadas com rumos 15/33 e 18/36, ambas com 1780m x 49m e 1800m x 50m, respectivamente. Seu nome oficial foi dado em 2 de julho de 1948, quando o então presidente Eurico Gaspar Dutra

assinou o decreto 25.170-A, transformando o Aeroporto do Recife, localizado no Campo do Ibura, em Aeroporto Guararapes. No início de 1950, foi dado o pontapé inicial das obras de construção do Aeroporto internacional dos Guararapes, inaugurado em 18 de janeiro de 1958 pelo então presidente Juscelino Kubitscheck.

A nomenclatura do aeroporto foi novamente alterada em 27 de dezembro de 2001, pela Lei nº 10.361, que instituiu a denominação de Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes - Gilberto Freyre.



Figura 8-10: Pista de pouso do campo de Ibura. **Fonte:** www.skyscrapercity.com (2015).

Distante apenas 11 km da capital metropolitana de Recife, o aeroporto é também um dos mais centrais do país e, como tal, está inserido em uma área tipicamente urbana. O seu entorno imediato está completamente ocupado e com várias atividades incompatíveis segundo as restrições operacionais impostas pela legislação aeronáutica.



Figura 8-11: Aeroporto de Recife. **Fonte:** GoogleEarth (2008).

Como o aeroporto paulista, o aeroporto de Recife sofreu e vem sofrendo com o problema da ocupação urbana no entorno do aeroporto (encroachment), como pode ser visto na Figura 8-12 abaixo.



Figura 8-12: Galpões e habitações de baixa renda instalados na zona de aproximação do aeroporto de Recife. **Fonte:** Silva (2010).

A Figura 8-12 demonstra o drama vivido pela comunidade Beira do Rio, localizada no município de Jaboatão dos Guararapes. Já na Figura 8-13 apresenta uma visão aérea que mostra quão próxima essa comunidade se localiza do aeroporto. No quadrado vermelho encontra-se a área específica aonde foi tirada a foto, ela dista aproximadamente a 680m da cabeceira do aeroporto.



Figura 8-13: Área específica aonde se localiza a área da comunidade Beira do Rio afetada pelo ruído aeronáutico. **Fonte:** Autor (2015).

8.2.2 Características físicas e operacionais do aeroporto.

O aeroporto cresceu em espaço físico desde a data de sua inauguração. Atualmente, ocupa uma área de 4.229.140,40m², e está entre os mais movimentados do país. Os dados do complexo aeroportuário são apresentados, resumidamente, na Tabela 8.2, segundo a INFRAERO (2012).

TABELA 8.2 – Dados da infraestrutura aeroportuária de Recife.

Dados Gerais		Dados Numéricos
Área do Aeroporto		4.229.140,40m ²
Área do Pátio de Aeronaves		110.526m ²
Área do Terminal de Passageiros		52.000m ²
Dimensões das Pistas (comprimento e largura)	Principal (18– 36)	3007m x 45m
Capacidade / Ano	16.500.000	

Fonte: INFRAERO (2012).

As últimas intervenções no aeroporto internacional do Recife praticamente minaram novas oportunidades de desenvolvimento de áreas ainda não aproveitadas, pois o sítio aeroportuário aparece atualmente quase integralmente ocupado. Ainda assim, de acordo com o Plano Diretor do Aeroporto e com a previsão de demanda de passageiros nos próximos 15 anos, haverá a necessidade de novas intervenções. Para tanto, há de se começar a observar o entorno do aeródromo para sua conversão em área aeroportuária, ou voltar-se para escolha de novo sítio, opção de difícil solução dada a indisponibilidade aparente de áreas apropriadas para essa atividade nas proximidades da cidade.

8.2.3 Plano de zoneamento de ruído em vigência.

O caso do aeroporto Internacional da Cidade do Recife – SBRF, quanto às restrições de uso, de ocupação do solo e dos níveis de ruído no entorno do aeroporto e à absorção da Legislação Aeronáutica relativa ao PEZR – Plano Específico de Zoneamento do Ruído - no corpo da Lei de Uso e Ocupação do Solo do Município de Recife – LUOS, estabelece uma compatibilidade entre as Leis Municipais e a Aeronáutica (Federal), já que a LUOS remete-se ao PEZR. Além disso, a Prefeitura instituiu Lei específica para a ZEA – Zona Especial do Aeroporto.

Em 1997, o DAC aprovou o Plano Específico de Zoneamento de Ruído do Aeroporto Internacional dos Guararapes – PE (PEZR-REC/PE), que no seu artigo 1

estabelece as restrições ao uso do solo nas Áreas I e II. Já no artigo 2, trata das restrições do uso do solo, que são especificadas através de áreas denominadas "Áreas Especiais Aeroportuárias", que juntas correspondem às áreas I, II e III, conforme pode ser vista na Figura 8-14. Para maiores detalhes da planta das Áreas Especiais Aeroportuárias – AEA, ver Anexo D.



Figura 8-14: Modelo de PEZR atual do aeroporto de Recife. **Fonte:** Silva (2010).

A seguir, os resultados obtidos pelas ferramentas propostas, em que os tomadores de decisão encontrarão uma nova forma de quantificar o número de pessoas altamente incomodadas pelo ruído aeronáutico serão apresentados no Capítulo 9.

CAPÍTULO 9

Estudo de caso

9.1 Aeroporto de Congonhas.

Nesta Tese foram abordados três estudos de casos para o aeroporto de Congonhas: o primeiro refere-se a um receptor crítico próximo da curva proposta de 53dB(A), o segundo caso tangencia a curva padrão DNL 65dB(A) e terceiro e último caso extrapola a curva DNL 65dB(A).

Para cada receptor crítico foi feito uma planilha APR, mostrando a compatibilidade do respectivo receptor com a área em que ele se localiza. Também se mostrou a compatibilidade da curva proposta com a NBR 10152, norma utilizada para conforto acústico interno das construções.

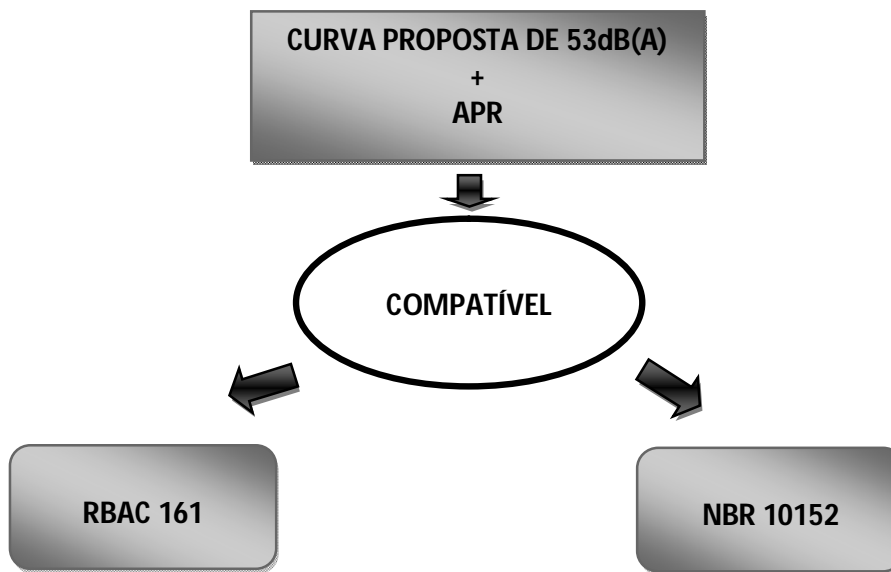


Figura 9-1: Resumo em cronograma mostrando a compatibilidade da ferramenta proposta.

9.1.1 Elaboração de uma planilha APR para receptores críticos.

1º CASO – Elaboração de uma planilha de APR para um receptor crítico próximo da curva DNL 53 dB(A).



Figura 9-2: Imagem de satélite da Paróquia Santuário São Judas Tadeu e as respectivas curvas de controle.

O primeiro receptor crítico escolhido para a aplicação de uma APR foi a Paróquia Santuário São Judas Tadeu, em destaque na Figura 9-2 (ver seta vermelha), que dista aproximadamente 180 metros da curva proposta DNL 53dB(A) e a uns 400 metros da curva DNL 65dB(A). Este receptor possui um DNL equivalente a 55dB(A) e com os respectivos LAeqD de 54dB(A) e LAeqN de 46dB(A).

O estudo baseou-se em duas situações antagônicas, uma esporádica e outra habitual. A primeira situação retrata um pouso forçado além do horário de funcionamento habitual do aeroporto devido ao mal tempo, já a segunda retrata um fato corriqueiro do aeroporto, que é sua movimentação diária em condições normais de operação.

TABELA 9-1 - Planilha de Análise Preliminar de Riscos para áreas sobre influências de aeroportos.

Empresa: LAVI - COPPE - ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS							
Projeto: Monitoração dos Principais Aeroportos Brasileiros						Hipótese Acidental: No: 01. Data: 25/09/2013 - versão 0	
Região: Sudeste						Receptor Crítico: Paróquia Santuário São Judas Tadeu	
Aeroporto: Congonhas							
Perigo (Intensidade)	Causas	Modo de Detecção	Consequência	F	S	R	Recomendações / Medidas Mitigadoras
70 – 75dB	Aterrissagem não programada de uma aeronave depois das 23h Devido ao mal tempo	Visual auditivo medidores de ruído	Distúrbio momentâneo no sono	A	V	T	Nenhuma medida mitigadora deve ser adotada.
50 – 55dB	Movimento regular do aeroporto durante o período das 6h às 23h	Visual auditivo medidores de ruído	Diminui a resistência imunológica entre outros	D	II	M	A medida de mitigação a ser adotada é um isolamento acústico de fachadas no intuito de uma RR de 10dB

Na elaboração desta planilha, para se conseguir a avaliação de risco necessária, foi utilizada a matriz de classificação de riscos (Tabela 6-7). O primeiro caso com um risco tolerável não existe restrições para usos residenciais e públicos, logo não há a necessidade de redução de ruído. Já no segundo caso, conforme pode ser visto na Figura 9-3, é possível identificar na matriz de classificação de riscos a relação Frequência x Severidade do receptor crítico em estudo, no qual sua correlação gerou um risco Moderado.

Classe de Severidade		Descrição / Características				Classe de Frequência			
		Intensidade	Efeitos negativos na Saúde	Reação	Imagem (Alcance)	A Remota	B Pouco provável	C provável	D Frequente
II	Desprezível	50 – 55 dB	Danos insignificantes as pessoas, à propriedade e /ou ao meio ambiente.	O organismo começa a sofrer os impactos do ruído	Impactos pontuais	T	T	M	M

Figura 9-3: Relação Frequência x Severidade do receptor crítico Paróquia Santuário São Judas Tadeu.

Identificado o risco como Moderado, medidas de mitigação devem ser adotadas para se alcançar a RR necessária à possibilidade de permanência deste receptor crítico nesta região. De acordo com a Tabela 6-5 de usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas pela categoria de risco Moderado, a RR necessária para satisfazer a APR do receptor crítico selecionado é de 10dB, como pode ser vista com maiores detalhes na Figura 9-4.

Uso do Solo	Nível de ruído médio dia-noite (dB)						
	Moderado (M)						
	< 50	50 - 55	55 - 60	60 - 65	65 - 70	70-75	> 75
Usos Públicos							
Igrejas, auditórios e salas de concerto (exemplos: igrejas, templos, associações religiosas, centros culturais, museus, galerias de arte, cinemas, teatros ou empreendimentos equivalentes).		10	15	20	25	30	N

Figura 9-4: Relação Usos Públicos x Nível de ruído para obtenção da RR necessária para o receptor crítico Paróquia Santuário São Judas Tadeu

Para que o ruído aeronáutico não se torne um problema são necessárias medidas para se atingir uma redução de nível de ruído de 10dB que devem ser incorporadas no projeto/construção das edificações, no caso a Paróquia Santuário São Judas Tadeu, para se adequar às normas da OMS / NBR 10151 referentes aos impactos do ruído na saúde humana.

Para SLAMA (2015), essa RR de 10dB já é atingida com as janelas abertas em conformidade com a NBR10151, mas cabe lembrar que no Brasil não existe uma padronização nas construções de habitações e que pode haver condomínios de luxo como casas de pau a pique em uma mesma região.

O estudo anterior considerou os períodos diurno e noturno até as 23hs, mas se for necessária uma maior exatidão a análise do LAeq 1h, nível sonoro equivalente calculado durante uma hora cheia, tornar-se-á uma ferramenta importante para identificar a hora mais crítica durante o dia em que o ruído aeronáutico se apresenta como um problema a ser considerado.

Para Paróquia São Judas Tadeu, as horas críticas a serem destacadas é a de 8 horas, em que o LAeq 1 hora calculado chegou a 59dB(A), o que equivale em DNL de acordo com a Equação 5.1 o valor de 57dB(A), e a das 19 horas, em que o LAeq 1 hora calculado chegou a 59dB(A), o que equivale em DNL de acordo com a Equação 5.1 o valor de 57dB(A), como pode ser visto na Tabela 9-2.

TABELA 9-2 – Tabela de níveis de ruído por hora SBSP – relação entre métricas.

Horário	LAeq / 1 hora	LAeqD / LAeqN	DNL
7	57	54	55
8	59	54	55
9	57	54	55
10	53	54	55
11	57	54	55
12	53	54	55
13	56	54	55
14	55	54	55
15	55	54	55
16	54	54	55
17	52	54	55
18	51	54	55
19	59	54	55
20	55	54	55
21	53	54	55
22	52	54	55
23	34	46	55
24	0	46	55
1	0	46	55
2	0	46	55
3	0	46	55
4	0	46	55
5	0	46	55
6	58	46	55

Nestes casos, sendo uma Paróquia, é normal terem cultos religiosos se concentrando nestes horários e a implementação de uma APR específica se faz necessária, como se pode observar na Tabela 9-3.

TABELA 9-3 - Planilha de Análise Preliminar de Riscos para áreas sobre influências de aeroportos.

Empresa: LAVI - COPPE - ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS							
Projeto: Monitoração dos Principais Aeroportos Brasileiros						Hipótese Acidental: No: 02. Data: 12/08/2014 - versão 0	
Região: Sudeste						Receptor Crítico: Paróquia Santuário São Judas Tadeu	
Aeroporto: Congonhas							
Perigo (Intensidade)	Causas	Modo de Detecção	Consequência	F	S	R	Recomendações / Medidas Mitigadoras
55 – 65dB	Movimento regular do aeroporto durante o período das 8h às 9h e das 19h às 20h	Visual auditivo medidores de ruído	Diminui o Poder de Concentração. A pessoa não relaxa.	D	III	M	A medida de mitigação a ser adotada é um isolamento acústico de fachadas no intuito de uma RR de 15dB.

Com uma análise mais detalhada foi possível determinar como resultado mais significativo um aumento da RR necessária de 15dB, conforme pode ser visto na Figura 9-5.

Uso do Solo	Nível de ruído médio dia-noite (dB)						
	Moderado (M)						
	< 50	50 - 55	55 - 60	60 - 65	65 - 70	70-75	> 75
Usos Públicos							
Igrejas, auditórios e salas de concerto (exemplos: igrejas, templos, associações religiosas, centros culturais, museus, galerias de arte, cinemas, teatros ou empreendimentos equivalentes).	S		15	20	25	30	N

Figura 9-5: Relação Usos Públicos x Nível de ruído para obtenção da RR necessária para o receptor crítico Paróquia Santuário São Judas Tadeu

No Brasil, a norma utilizada pelas prefeituras que estabelece os níveis de conforto acústico compatíveis com o desenvolvimento de uma atividade particular em um único local é a norma NBR 10152, como já foi mencionado nas seções 3.2.1 e 6.3.

Na NBR 10152 existem referências para locais como igrejas e templos (cultos meditativos), esta por analogia foi escolhida para representar a Paróquia Santuário São Judas Tadeu.

Conforme pode ser visto na Figura 9-6, o receptor sendo uma igreja o nível interno de conforto é de 40dB(A) e o aceitável é de 50dB(A) para bibliotecas.

Locais	dB(A) Conforto	dB(A) Aceitável
Igrejas e Templos (cultos meditativos)	→ 40	→ 50

Figura 9-6: Nível interno de ruído aceitável para uma Igreja na NBR 10152.

É importante relembrar que a norma NBR 10152 é medida em LAeq, passando esses valores para DNL de acordo com a Equação 5.1 o valor do limite de conforto seria de 46dB(A) e o valor do limite aceitável seria de 56dB(A).

Ao se considerar que o valor de 57dB(A) como sendo o valor externo ao receptor crítico estudado, faz-se necessária medidas de redução de ruído, como o isolamento acústico de fachadas, para que o mesmo se adeque à NBR 10.152. Neste caso uma redução de ruído de 11dB(A) seria necessária para que este receptor crítico atingisse o valor do limite de conforto sugerido na Figura 9-5.

Como foi dito anteriormente essa RR de 11dB quase já é atingida com as janelas abertas de acordo com a NBR10151 e com a janela fechada é possível atingir um valor de 15dB. Mas cabe também lembrar que no Brasil não existe uma padronização nas construções de habitações. Em uma mesma região pode haver condomínios de luxo como casas de pau a pique.

2º CASO – Elaboração de uma planilha de APR para um receptor crítico próximo da curva DNL 65dB(A).



Figura 9-7: Imagem de satélite do Colégio Paulicéia e as respectivas curvas de controle.

O segundo receptor crítico escolhido para a aplicação de uma APR foi o Colégio Paulicéia, em destaque na Figura 9-7 (ver seta vermelha), que dista aproximadamente 600 metros da curva proposta DNL 53dB(A) e a uns 40 metros da curva DNL 65dB(A). Este receptor possui um DNL equivalente a 62dB(A) e os respectivos LAeqD de 61dB(A) e LAeqN de 54dB(A).

Conforme o cenário anterior, este estudo baseou-se em duas situações antagônicas, uma esporádica e outra habitual. A primeira situação retrata um pouso forçado além do horário de funcionamento habitual do aeroporto devido ao mal tempo, já a segunda retrata um fato corriqueiro do aeroporto, que é sua movimentação diária em condições normais de operação.

TABELA 9-4 – Planilha de Análise Preliminar de Riscos para áreas sobre influências de aeroportos.

Empresa: LAVI - COPPE - ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS							
Projeto: Monitoração dos Principais Aeroportos Brasileiros						Hipótese Acidental: No: 01. Data: 25/09/2013 - versão 0	
Região: Sudeste						Receptor Crítico: Colégio Paulicéia	
Aeroporto: Congonhas							
Perigo (Intensidade)	Causas	Modo de Detecção	Consequência	F	S	R	Recomendações / Medidas Mitigadoras
70 – 75dB	Aterrissagem não programada de uma aeronave depois das 23h Devido ao mal tempo	Visual auditivo medidores de ruído	Distúrbio momentâneo no sono	A	V	T	Nenhuma medida mitigadora deve ser adotada.
55 – 65dB	Movimento regular do aeroporto durante o período das 6h às 23h	Visual auditivo medidores de ruído	Diminui a resistência imunológica entre outros	D	III	M	A medida de mitigação a ser adotada é um isolamento acústico de fachadas no intuito de uma RR de pelo menos 20dB.

No primeiro caso, com um risco tolerável, não existe restrições para usos residenciais e públicos Logo não há a necessidade de redução de ruído. Já no segundo caso, conforme pode ser visto na Figura 9-8, é possível identificar na matriz de classificação de riscos a relação Frequência x Severidade do receptor crítico em estudo, no qual sua correlação gerou um risco Moderado.

Classe de Severidade		Descrição / Características				Classe de Frequência			
		Intensidade	Efeitos negativos na Saúde	Reação	Imagem (Alcance)	A Remota	B Pouco provável	C provável	D Frequente
III	Marginal	55 – 65 dB	Diminui o poder de concentração	A pessoa fica em estado de alerta, não relaxa.	Impacto na região do aeroporto	T	T	M	M

Figura 9-8: Relação Frequência x Severidade do receptor crítico Colégio Paulicéia.

De acordo com a Tabela 6-5, a RR necessária para satisfazer a APR para o receptor crítico selecionado é de pelo menos 20dB. Ou seja, medidas para atingir uma redução de nível de ruído de pelo menos 20dB devem ser incorporadas no projeto/construção das edificações, no caso o Colégio Paulicéia, para se adequar às normas da OMS / NBR 10151 referentes ao impacto do ruído na saúde humana. Esta conclusão pode ser vista com maiores detalhes na Figura 9-9.

Uso do Solo	Nível de ruído médio dia-noite (dB)						
	Moderado (M)						
	< 50	50 - 55	55 - 60	60 - 65	65 - 70	70-75	> 75
Usos Públicos							
Educacional (exemplos: universidades, bibliotecas, faculdades, creches, escolas, colégios ou empreendimentos equivalentes).	S	N(4)		N(2)	N	N	N

Figura 9-9: Relação Usos Públicos x Nível de ruído para obtenção da RR necessária para o receptor crítico Colégio Paulicéia.

Como no caso anterior para o colégio Paulicéia, as horas críticas a serem destacadas é a de 8 horas, em que o LAeq 1 hora calculado chegou a 67dB(A), o que equivale em DNL de acordo com a Equação 5.1 o valor de 65dB(A), e a das 19 horas, em que o LAeq 1 hora calculado chegou a 66dB(A), o que equivale em DNL de acordo com a Equação 5.1 o valor de 64dB(A), como pode ser visto na Tabela 9-5.

TABELA 9-5 – Tabela de níveis de ruído por hora SBSP – relação entre métricas.

Horário	LAeq / 1 hora	LAeqD / LAeqN	DNL
7	64	61	62
8	67	61	62
9	65	61	62
10	60	61	62
11	64	61	62
12	60	61	62
13	63	61	62
14	63	61	62
15	63	61	62
16	62	61	62
17	59	61	62
18	59	61	62
19	66	61	62
20	63	61	62
21	60	61	62
22	59	61	62
23	41	54	62
24	0	54	62
1	0	54	62
2	0	54	62
3	0	54	62
4	0	54	62
5	0	54	62
6	65	54	62

Neste caso, o Colégio Paulicéia não funciona a partir das 19h, e o movimento de pico do mesmo que se encontra às 8h já é abrangido pelas recomendações propostas na Tabela 9-4.

Como foi visto anteriormente, também neste estudo de caso será aplicada a NBR 10152. Na NBR 10152 temos cinco (5) referências quando se refere a escolas, desde a circulação com nível de conforto de 45dB(A) até bibliotecas com o nível de conforto de 35dB(A). A biblioteca foi escolhida como referência para esta Tese, priorizando-se o ambiente mais vulnerável a ruídos dentro de uma escola.

Conforme pode ser visto na Figura 9-10, o nível interno de conforto é de 35dB(A) e o aceitável é de 45dB(A) para bibliotecas, já que este foi o receptor estudado.

Locais	dB(A) Conforto	dB(A) Aceitável
Escolas		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho.	→ 35	→ 45

Figura 9-10: Nível interno de ruído aceitável para uma biblioteca na NBR 10152.

Como no caso anterior, é importante lembrar que a norma NBR 10152 é medida em LAeq, passando esses valores para DNL o valor do limite de conforto seria de 41dB(A) e o valor do limite aceitável seria de 51dB(A).

Ao considerar os valores de 64 e 65dB(A) como valores externos ao receptor crítico estudado, faz-se necessária medidas de redução de ruído, como o isolamento acústico de fachadas, para que os mesmos se adequem à NBR 10.152. Neste caso uma redução de ruído de pelo menos 23dB(A) seria necessária para que este receptor crítico atingisse o valor do limite de conforto sugerido na Figura 9-9.

3º CASO – Elaboração de uma planilha de APR para um receptor crítico extrapolando a curva DNL 65dB(A).



Figura 9-11: Imagem de satélite da creche Baronesa e as respectivas curvas de controle.

O terceiro receptor crítico escolhido para a aplicação de uma APR foi a Creche Baronesa de Limeira, em destaque na Figura 9-11 (ver seta vermelha), que dista aproximadamente 255 metros da curva proposta DNL 65dB(A) e está inserida

praticamente acima da curva DNL 70dB(A). Este receptor possui um DNL equivalente a 71dB(A) e os respectivos LAeqD de 70dB(A) e LAeqN de 62dB(A).

Este cenário diferencia-se dos outros, visto que o receptor crítico escolhido situa-se além da curva de ruído 70dB(A). Neste caso, este estudo se baseará apenas na situação corriqueira a qual ele se encontra, que é sua movimentação diária em condições normais de operação.

TABELA 9-6 – Planilha de Análise Preliminar de Riscos para áreas sobre influências de aeroportos.

Empresa: LAVI - COPPE - ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS							
Projeto: Monitoração dos Principais Aeroportos Brasileiros						Hipótese Acidental: No: 01. Data: 25/09/2013 - versão 0	
Região: Sudeste						Receptor Crítico: Creche Baronesa de Limeira	
Aeroporto: Congonhas							
Perigo (Intensidade)	Causas	Modo de Detecção	Consequência	F	S	R	Recomendações / Medidas Mitigadoras
70 – 75dB	Movimento regular do aeroporto durante o período das 6h às 23h	Visual auditivo medidores de ruído	Aumenta os riscos de enfartes e outras doenças sérias	D	V	NT	Nenhuma medida mitigadora deve ser adotada.

Como pode ser visto na APR o risco foi classificado NT, não existe RR como medida mitigadora e o receptor crítico deve ser retirado desta área e ser deslocado para uma área mais segura ou que permita uma RR indenizando o proprietário.

A creche Baronesa de Limeira atende 471 crianças de 0 a 6 anos, e como já observado no item 2.4 desta Tese, as crianças são os elos mais fracos junto com os idosos quando se trata dos efeitos do ruído na saúde humana.

Para corroborar com o que foi dito nos parágrafos acima, a Tabela 9-7 apresenta em um intervalo de 13h, das 6 até 19h, horário em que as crianças costumam passar em uma creche, 8 horas de níveis de ruído acima de 70dB.

TABELA 9-7 – Tabela de níveis de ruído por hora SBSP – relação entre métricas.

Horário	LAeq / 1 hora	LAeqD / LAeqN	DNL (Curva Proposta)
7	69	70	71
8	72	70	71
9	69	70	71
10	71	70	71
11	70	70	71
12	70	70	71
13	71	70	71
14	70	70	71
15	68	70	71
16	68	70	71
17	68	70	71
18	68	70	71
19	71	70	71
20	69	70	71
21	70	70	71
22	68	70	71
23	51	62	71
24	0	62	71
1	0	62	71
2	0	62	71
3	0	62	71
4	0	62	71
5	0	62	71
6	71	62	71

9.2 Aeroporto de Recife.

Nesta Tese foram abordados dois estudos de casos para o aeroporto de Recife, o primeiro refere-se a um receptor crítico entre a curva proposta de 53dB(A) e a curva de controle DNL 65dB(A) e o segundo caso próximo à curva padrão DNL 65dB(A).

Para cada receptor crítico foi feita uma planilha APR, mostrando a compatibilidade do respectivo receptor com a área em que ele se localiza. Mostrou-se também a compatibilidade da curva proposta com a NBR 10152, norma utilizada para conforto acústico interno das construções.

O aeroporto de Recife caracteriza-se por possuir movimentos diurnos e noturnos, para esta Tese foi criada uma curva LAeqN, visto que o impacto noturno é maior que o diurno, no intuito de se fazer uma comparação com a curva proposta averiguando sua compatibilidade com o cenário observado.

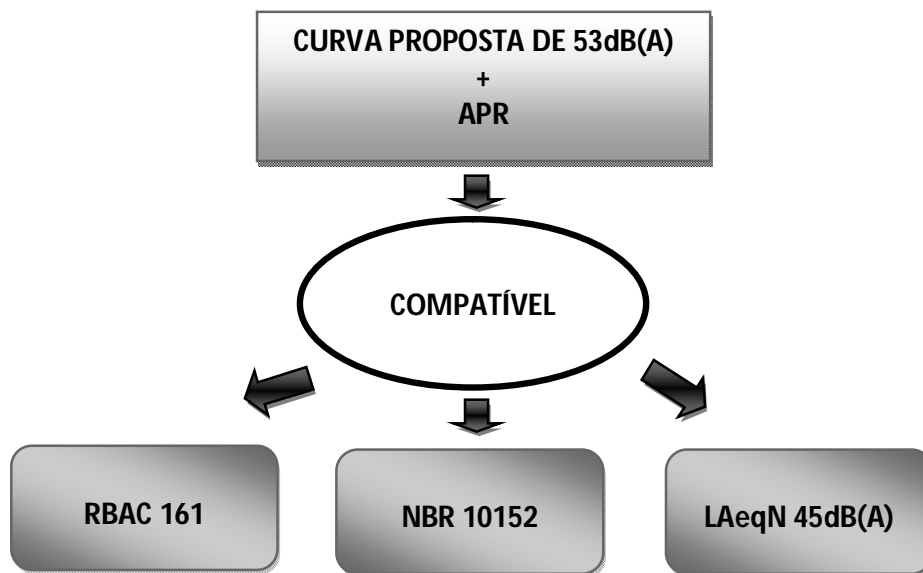


Figura 9-12: Resumo em cronograma mostrando a compatibilidade da ferramenta proposta.

9.2.1 Elaboração de uma planilha APR para receptores críticos.

1º CASO – Elaboração de uma planilha de APR para um receptor crítico entre a curva proposta DNL 53 dB(A) e a curva de controle DNL 65dB(A).



Figura 9-13: Imagem de satélite da escola João Paulo II e as respectivas curvas de controle.

O primeiro receptor crítico escolhido para a aplicação de uma APR foi a Escola João Paulo II, em destaque na Figura 9-13 (ver seta vermelha), que dista aproximadamente 785 metros da curva proposta DNL 53dB(A), a uns 506 metros da curva de controle DNL 65dB(A) e a 558m da curva LAeqN 45dB(A). Este receptor possui um DNL equivalente a 57dB(A) e um LAeqN de 49dB(A).

O estudo baseou-se na sua movimentação diária em condições normais de operação. O aeroporto de Recife tem voos regulares no período noturno e diurno.

TABELA 9-8 - Planilha de Análise Preliminar de Riscos para áreas sobre influências de aeroportos.

Empresa: LAVI - COPPE - ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS							
Projeto: Monitoração dos Principais Aeroportos Brasileiros						Hipótese Acidental: No: 01. Data: 19/11/2015 - versão 0	
Região: Nordeste						Receptor Crítico: Escola João Paulo II	
Aeroporto: Recife							
Perigo (Intensidade)	Causas	Modo de Detecção	Consequência	F	S	R	Recomendações / Medidas Mitigadoras
55 – 65dB	Movimento regular do aeroporto durante o período de 24h	Visual auditivo medidores de ruído	Diminui o poder de concentração entre outros	D	III	M	A medida de mitigação a ser adotada é um isolamento acústico de fachadas no intuito de uma RR de pelo menos 15dB

Na elaboração desta planilha foi utilizada a matriz de classificação de riscos (Tabela 6-7) para se conseguir a avaliação de risco necessária. No estudo de caso é possível identificar a relação Frequência x Severidade do receptor crítico em estudo na matriz de classificação de riscos, no qual sua correlação gerou um risco Moderado, conforme pode ser visto na Figura 9-14.

Classe de Severidade		Descrição / Características				Classe de Frequência			
		Intensidade	Efeitos negativos na Saúde	Reação	Imagem (Alcance)	A Remota	B Pouco provável	C provável	D Frequente
III	Marginal	55 – 65dB	Diminui o poder de concentração	A pessoa fica em estado de alerta, não relaxa.	Impacto na região do aeroporto	T	T	M	M

Figura 9-14: Relação Frequência x Severidade do receptor crítico Escola João Paulo II.

Identificado o risco como Moderado, medidas de mitigação devem ser adotadas para se alcançar a RR necessária para que este receptor crítico possa permanecer nesta região. De acordo com a Tabela 6-5 de usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas pela categoria de risco Moderado, a RR necessária para satisfazer a APR para o receptor crítico selecionado é de pelo menos 15dB, como pode ser vista com maiores detalhes na Figura 9-15.

Uso do Solo	Nível de ruído médio dia-noite (dB)						
	Moderado (M)						
	< 50	50 - 55	55 - 60	60 - 65	65 - 70	70-75	> 75
Usos Públicos							
Educacional (Exemplos: universidades, bibliotecas, faculdades, creches, escolas, colégios ou empreendimentos equivalentes).	S	1	N(3)	N(2)	N	N	N

Figura 9-15: Relação Usos Públicos x Nível de ruído para obtenção da RR necessária para o receptor crítico Escola João Paulo II.

Para que o ruído aeronáutico não se torne um problema, medidas para atingir uma redução de nível de ruído de pelo menos 15dB devem ser incorporadas no projeto/construção das edificações, como no caso da Escola João Paulo II, que buscou adequar-se às normas da OMS / NBR 10151 referentes ao impacto do ruído na saúde humana.

Para SLAMA (2015), já se consegue um RR de 10dB com as janelas abertas de acordo com a NBR10151. Mas cabe lembrar que no Brasil não existe uma padronização nas construções de habitações e em uma mesma região pode haver condomínios de luxo como casas de pau a pique.

Vale ressaltar que se o aeroporto de Recife tivesse somente voos noturnos, esta RR não seria necessária, visto que a Escola João Paulo II só funciona até as 18h.

Como foi visto anteriormente, neste estudo de caso também será aplicada a NBR 10152. Na NBR 10152 quando se refere a escolas temos cinco (5) referências, desde a circulação com nível de conforto de 45dB(A) até bibliotecas com o nível de conforto de 35dB(A). Para esta Tese, a biblioteca foi escolhida como referência porque priorizou-se o ambiente mais vulnerável a ruídos dentro de uma escola.

Por se tratar do receptor biblioteca, o nível interno de conforto é de 35dB(A) e o aceitável é de 45dB(A) para bibliotecas, conforme pode ser visto na Figura 9-16.

Locais	dB(A) Conforto	dB(A) Aceitável
Escolas		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho.	→ 35	→ 45

Figura 9-16: Nível interno de ruído aceitável para uma biblioteca na NBR 10152.

Como foi visto anteriormente no estudo de caso do aeroporto de Congonhas, é importante lembrar que a norma NBR 10152 é medida em LAeq, passando esses valores para DNL o valor do limite de conforto seria de 41dB(A) e o valor do limite aceitável seria de 51dB(A).

Ao considerar o valor de 57dB(A) como valor externo ao receptor crítico estudado, faz-se necessária medidas de redução de ruído, como o isolamento acústico de fachadas, para que o mesmo se adeque a NBR 10.152. Neste caso uma redução de ruído de pelo menos 16dB(A) seria necessária para que este receptor crítico atingisse o valor do limite de conforto sugerido na Figura 9-16.

2º CASO – Elaboração de uma planilha de APR para um receptor crítico próximo da curva DNL 65dB(A).



Figura 9-17: Imagem de satélite da escola Geração do Futuro e as respectivas curvas de controle.

O segundo receptor crítico escolhido para a aplicação de uma APR foi a Escola Geração do Futuro, em destaque na Figura 9-17 (ver seta vermelha), que dista

aproximadamente 1257 metros da curva proposta DNL 53dB(A), 1010 metros da curva LAeqN 45dB(A) e a uns 222 metros da curva DNL 65dB(A). Este receptor possui um DNL equivalente a 64dB(A) e seu respectivo LAeqN é de 54dB(A).

Conforme visto no cenário anterior, este estudo baseou-se na situação habitual, a que retrata um fato corriqueiro do aeroporto: a sua movimentação diária em condições normais de operação.

TABELA 9-9 – Planilha de Análise Preliminar de Riscos para áreas sobre influências de aeroportos.

Empresa: LAVI - COPPE - ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS							
Projeto: Monitoração dos Principais Aeroportos Brasileiros						Hipótese Acidental: No: 01. Data: 19/11/2015 - versão 0	
Região: Nordeste						Receptor Crítico: Escola Geração do Futuro	
Aeroporto: Recife							
Perigo (Intensidade)	Causas	Modo de Detecção	Consequência	F	S	R	Recomendações / Medidas Mitigadoras
55 – 65dB	Movimento regular do aeroporto durante o período de 24h	Visual auditivo medidores de ruído	Diminui a resistência imunológica entre outros	D	III	M	A medida de mitigação a ser adotada é um isolamento acústico de fachadas no intuito de uma RR de pelo menos 20dB.

No estudo de caso, conforme pode ser visto na Figura 9-18, é possível identificar na matriz de classificação de riscos a relação Frequência x Severidade do receptor crítico em estudo, na qual sua correlação gerou um risco Moderado.

Classe de Severidade		Descrição / Características				Classe de Frequência			
		Intensidade	Efeitos negativos na Saúde	Reação	Imagem (Alcance)	A Remota	B Pouco provável	C provável	D Frequente
III	Marginal	55 – 65 dB	Diminui o poder de concentração	A pessoa fica em estado de alerta, não relaxa.	Impacto na região do aeroporto	T	T	M	M

Figura 9-18: Relação Frequência x Severidade do receptor crítico escola Geração do Futuro.

De acordo com a Tabela 6-5, a RR necessária para satisfazer a APR para o receptor crítico selecionado é de pelo menos 20dB. Ou seja, medidas para atingir uma redução de nível de ruído de pelo menos 20dB devem ser incorporadas no

projeto/construção das edificações para se adequar as normas da OMS / NBR 10151 referentes ao impacto do ruído na saúde humana, no caso da Escola Geração do Futuro. Esta conclusão pode ser vista com maiores detalhes na Figura 9-19.

Uso do Solo	Nível de ruído médio dia-noite (dB)						
	Moderado (M)						
	< 50	50 - 55	55 - 60	60 - 65	65 - 70	70-75	> 75
Usos Públicos							
Educacional (exemplos: universidades, bibliotecas, faculdades, creches, escolas, colégios ou empreendimentos equivalentes).	S	N(4)		N(2)	N	N	N

Figura 9-19: Relação Usos Públicos x Nível de ruído para obtenção da RR necessária para o receptor crítico escola Geração do Futuro.

Como foi visto anteriormente, neste estudo de caso também será aplicada a NBR 10152. Na NBR 10152 quando se refere a escolas temos cinco (5) referências, desde a circulação com nível de conforto de 45dB(A) até bibliotecas com o nível de conforto de 35dB(A). A biblioteca foi escolhida como referência para esta Tese, que priorizou o ambiente mais vulnerável a ruídos dentro de uma escola.

Conforme pode ser visto na Figura 9-20, sendo o receptor uma biblioteca, o nível interno de conforto é de 35dB(A) e o aceitável é de 45dB(A) para bibliotecas.

Locais	dB(A) Conforto	dB(A) Aceitável
Escolas		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho.	35	45

Figura 9-20: Nível interno de ruído aceitável para uma biblioteca na NBR 10152.

Como no caso anterior, é importante lembrar que a norma NBR 10152 é medida em LAeq, passando esses valores para DNL o valor do limite de conforto seria de 41dB(A) e o valor do limite aceitável seria de 51dB(A).

Ao considerar que o valor de 64dB(A) como valor externo ao receptor crítico estudado, faz-se necessária medidas de redução de ruído, como o isolamento acústico de fachadas, para que o mesmo se adequa à NBR 10.152. Neste caso uma redução de ruído de pelo menos 23dB(A) seria necessária para que este receptor crítico atingisse o valor do limite de conforto sugerido na Figura 9-20.

9.2.2 Analogia com a curva LAeqN 45dB(A).

Para comprovar a eficácia da ferramenta apresentada por esta Tese, procurou-se fazer uma analogia entre a curva proposta 53dB(A) com a curva LAeqN 45dB(A) demonstrando que a curva sugerida é totalmente compatível com a curva LAeqN 45dB(A) do aeroporto de Recife, sendo sensível ao horário de funcionamento do aeroporto e compatível com a norma NBR10151 utilizada pelas prefeituras no país. Na Figura 9-21 é possível identificar o aeroporto de Recife e suas respectivas curvas de estudo.

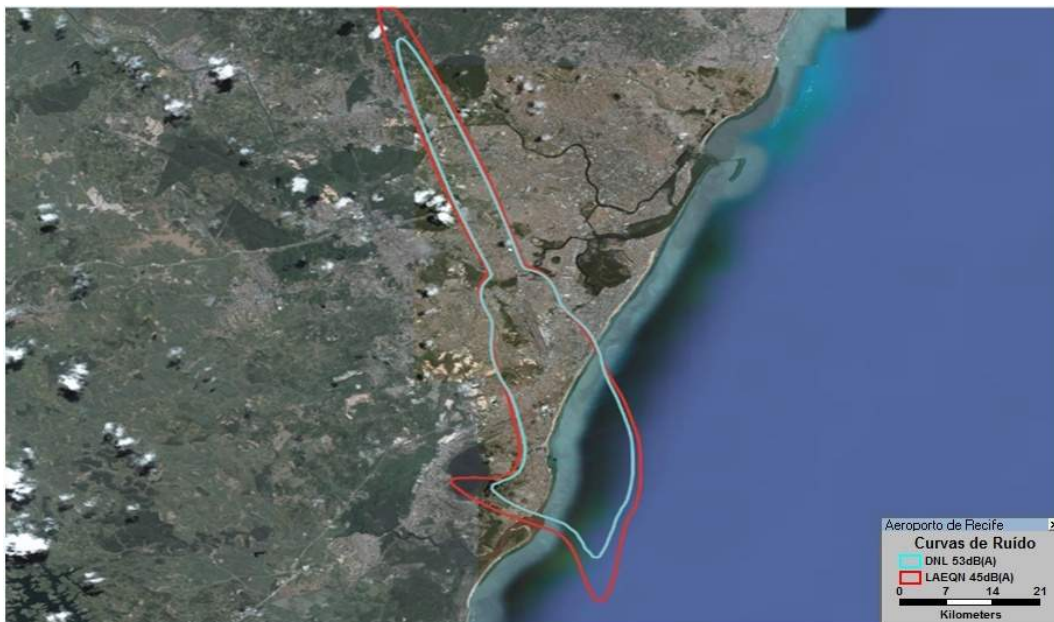


Figura 9-21: Curvas de ruído de DNL 53dB(A) e LAeqN 45dB(A)

A escolha da curva LAeqN 45dB(A) deu-se por esta ser mais abrangente que a curva LAeqD 50dB(A), devido à sensibilidade ao ruído ser maior durante a noite do que durante o dia.

Através da Figura 9-22 e das Tabelas 9-10 e 9-11 é possível calcular a seguinte relação entre a curva LAeqN 45dB(A) e a curva proposta 53dB(A):

$$\text{Abrangência de Área (\%)} = 91,2 \quad \text{e} \quad \text{Abrangência de População (\%)} = 92,35$$



Figura 9-22: Curvas de ruído de DNL 53dB(A) e LAeqN 45dB(A)

Tabela 9-10 - Resultados obtidos para a curva DNL = 53dB(A).

Parâmetro	Município		
	Recife	Camargibe	Jaboatão
Área (km ²)	40,296		
População (hab)	290.234		

Tabela 9-11 - Resultados obtidos para a curva LAeqN = 45dB(A).

Parâmetro	Município		
	Recife	Camargibe	Jaboatão
Área (km ²)	44,212		
População (hab)	314.279		

Estes resultados demonstram que a curva proposta é totalmente compatível com o cenário que se apresenta no aeroporto de Recife.

Apesar da curva LAeqN ser ligeiramente maior do que a curva proposta, a curva DNL 53dB(A) faz uma abordagem melhor do ruído aeroportuário comparada à curva

L_{AeqN} no aeroporto de Recife. Uma vez que o grande problema das métricas de ruído é o de não serem confiáveis para grandes distâncias, pois o ruído ambiente começa a impactar os resultados.

Para se ter uma ideia o ponto mais ao norte da curva L_{AeqN} dista 19,2km do aeroporto de Recife e o mais ao sul 15,6km do aeroporto. A essas distâncias o ruído da cidade, principalmente o do trânsito metropolitano da grande Recife, já se tornou imperceptível o ruído aeronáutico.

9.3 Medidas de mitigação - Caso Brasileiro.

Com o conhecimento das RR necessárias para que o receptor crítico possa continuar a se estabelecer na área de risco entre 53 a 65dB(A), o próximo passo seria implementar as medidas de mitigação necessárias para se alcançar a RR pedida.

Entretanto, devem-se entender as particularidades do zoneamento urbano brasileiro para adotar medidas de mitigação. A invasão de terrenos limítrofes aos aeroportos brasileiros é um fenômeno antigo. O aeroporto de Congonhas, por exemplo, vem sofrendo este processo desde a década de 50 do século passado. As primeiras moradias não possuíam nenhum conforto acústico, pois não havia uma conscientização dos invasores em relação a este problema.

No Brasil considera-se uma casa normal aquela construída a partir de tijolos e argamassa, com materiais de construção convencionais, telhas e vigas de ferro enrugado. Estes tipos de casas são as moradias características nos subúrbios brasileiros.

Hoje, excetuando os condomínios de luxo que são as construções mais recentes, todas as outras moradias das regiões próximas aos aeroportos não possuem o tratamento acústico adequado para se localizarem dentro da curva de ruído proposta pela ANAC. Para piorar a situação, o processo de *encroachment* na região do entorno do aeroporto só aumenta, como é o caso da favela do Vietnã no Jabaquara/SP. Sem influências arquitetônicas importantes o que vale ali é simplesmente ter um teto, por isso essas habitações possuem pouca atenuação acústica, como pode ser visto na Figura 9-23.



Figura 9-23: Favela do Vietnã, Jabaquara, SP. **Fonte:** Yabaquara (2012).

Conseqüentemente, foi necessário estabelecer um nível de ruído baseado nas normas da ABNT para contabilizar estas habitações que acusticamente não oferecem muita proteção neste estudo. A norma ABNT fornece níveis de ruído para períodos noturnos e diurnos compatíveis com a realidade brasileira.

9.3.1 Monitoramento do ruído em aeroportos brasileiros.

Nas comunidades vizinhas aos aeroportos, o monitoramento do ruído é utilizado como ferramenta para determinar o impacto das operações aeronáuticas e o grau de incômodo da população. O monitoramento consiste de medições, com estações fixas ou móveis, que produzem dados acústicos para auxiliar a decisão da tomada de medidas de atenuação do ruído, no caso das áreas mais ruidosas. Essas medidas visam reduzir o impacto do ruído na qualidade de vida da população e, muitas vezes, são motivadas em função de ações judiciais da comunidade. As medidas podem incluir definições do uso do solo, restrições construtivas, restrições de operação do aeroporto e, em áreas com edificações existentes, tratamento acústico das edificações.

É extremamente salutar a necessidade de monitoramentos constantes do ruído aeronáutico no entorno dos aeroportos, incluindo a divulgação dos resultados, para que

se possam encaminhar soluções para os problemas relativos ao conforto acústico das edificações. Além disso, observar a avaliação da exposição crônica de idosos, crianças e adolescentes, e seus efeitos, tais como: inteligibilidade da fala, interferência no sono e transtornos nas atividades escolares.

De um modo geral, com a delimitação da área de estudo, pode-se notar que o padrão construtivo dos receptores críticos selecionados de um modo geral, é o mesmo utilizado em outras áreas da cidade, que não se localizam na trajetória de voo das aeronaves dos aeroportos de Congonhas e Recife.

Nesta Tese receberam tratamento acústico apenas os receptores críticos inseridos dentro da curva proposta. Partindo dessa afirmação, as alterações e perturbações consideradas neste trabalho são delimitadas, partindo-se de seus respectivos pressupostos:

- Alterações do uso dos espaços externos: a área é considerada altamente ruidosa e os níveis de ruído verificados impedem o uso das quadras esportivas nas escolas e nas áreas de repouso de hospitais;

- Deficiência na comunicação dentro dos ambientes internos: o prédio não oferece tratamento adequado para proteção do ruído, o que impede a comunicação durante a passagem dos aviões;

- Manifestação de insatisfação com relação ao ruído: o nível de ruído esperado provoca perturbações em função das reações humanas relacionadas aos níveis sonoros inadequados.

Atualmente, as áreas dentro das curvas de ruído dos aeroportos brasileiros são gerenciadas pela ANAC, responsável pela aprovação de obras dentro dos limites estipulados. Como já citado, os estudos para determinar o nível de isolamento acústico das edificações ao redor dos aeroportos são feitos a partir de uma Análise Preliminar de Riscos com o auxílio de software gerador de curvas de ruído, o INM. Hoje, o GERA em parceria com a Infraero vem realizando programas de monitoramento do ruído nos aeroportos brasileiros.

9.3.2 Isolamento acústico dos receptores críticos situados em zona de risco.

Os instrumentos utilizados pelos aeroportos para o ordenamento do território, para a compatibilidade do uso do solo incluem zoneamento, licenças de construção que exigem isolamento acústico para usos não-residenciais e residenciais sensíveis ao ruído aeronáutico, e para a divulgação para os moradores.

Para a divulgação apresenta-se uma variedade de ferramentas, tais como: relatórios trimestrais e anuais de ruído com pessoal especializado em ruído conduzindo as ferramentas de divulgação.

Entretanto, estes instrumentos nunca provaram sua eficácia no Brasil. As áreas limítrofes dos aeroportos estão densamente povoadas e, por isso, são necessárias medidas de mitigação. O isolamento acústico de fachadas seria o mais apropriado para enquadrar os receptores críticos entre a zona DNL 53dB(A) e DNL 65dB(A) com as recomendações da OMS para impactos do ruído na saúde humana, dentre as medidas mitigadoras.

O grande entrave é o custo, uma janela padrão de 1,20m x 1,20m não sai por menos de R\$ 1.200. As novas construções já são abordadas pela norma ABNT NBR 15575/13 que traz orientações e referências voltadas ao conforto térmico e acústico, visando oferecer uma maior qualidade e melhores parâmetros de desempenho para os novos empreendimentos. No Brasil, não existe uma legislação específica para moradias já estabelecidas dentro das áreas críticas, o que restam para elas é praticar medidas de mitigação, como o isolamento acústico, visto no item 7.7.3.

Nos EUA, por exemplo, o financiamento para programas de isolamento sonoro fora da curva de ruído DNL 65dB(A) vem do aeroporto (50%), da FAA por meio de taxas cobradas aos passageiros ou de doações AIP (36%), das operadoras aéreas (7%) e dos proprietários dos imóveis (7%). Os custos de adaptação para cada imóvel variam de US\$10000 a US\$15000.

9.3.3 Adoção ou sugestão de medidas de *abordagem equilibrada* para os receptores críticos selecionados.

As medidas de abordagem equilibrada estudadas no Capítulo 2 desta Tese são consideradas medidas preventivas. Elas são as referências adotadas mundialmente no combate do ruído aeroportuário. Com estas medidas seria possível adequar à maioria dos receptores críticos o objetivo desta Tese, que é enquadrar os receptores críticos dentro da zona DNL 53dB(A) e DNL 65dB(A), onde os receptores críticos poderiam ser definidos desde que acompanhados de tratamento acústico apropriado (ver Apêndice E).

No caso brasileiro, o grande problema em se adotar a abordagem equilibrada é que medidas mitigadoras seriam as mais apropriadas devido às invasões das zonas de influência dos aeroportos. Uma vez que o problema já ocorreu e ainda está ocorrendo às medidas preventivas não surtiriam muito efeito.

CAPÍTULO 10

Conclusões e Recomendações Finais

A monitoração do ruído das aeronaves nas imediações dos aeroportos é extremamente importante porque é por meio dela que serão gerados os dados modelados pelas ferramentas propostas por essa Tese. E, conseqüentemente, isso possibilita encontrar soluções para os problemas relacionados ao conforto acústico nas construções ao redor dos aeroportos.

Algumas das principais contribuições ao se criar soluções está no auxílio na avaliação da exposição crônica ao ruído em idosos, crianças e adolescentes, e seus possíveis efeitos, tais como: a inteligibilidade da fala, a interferência do sono e os distúrbios nas atividades escolares.

Para que essa monitoração se torne possível foi preciso adotar uma métrica de ruído e a métrica adotada foi o DNL, métrica utilizada pela FAA / EUA. Essa métrica é utilizada no Brasil e no exterior para mensurar o ruído aeronáutico e definir o zoneamento aeroportuário através das curvas de ruído.

De acordo com a ANAC, a referência norte-americana foi adotada pelo RBAC 161 em razão desta estar sendo empregada com sucesso há mais tempo e apresentar melhores condições de adequabilidade ao contexto urbano nacional, além de ser a mais compatível com as características construtivas das edificações presentes no ambiente brasileiro.

Apesar das justificativas apresentadas pela ANAC no parágrafo anterior, o que se observa na realidade brasileira é que a qualidade das construções nos receptores críticos, em geral, é a mesma praticada em outras áreas da cidade que não estão localizadas nas rotas de voos das aeronaves. Em outras palavras, a sua grande maioria não possui nenhum conforto acústico para amenizar o efeito do ruído aeronáutico.

Essa Tese cita a importância da adoção das medidas complementares no Brasil para receptores críticos, mostrando que a realidade brasileira difere da norte-americana, principalmente, por causa do *encroachment*.

Essa Tese propôs que só receberão tratamento acústico os receptores críticos inseridos dentro da curva proposta nessa Tese, uma vez que não existe interesse das autoridades em resolver o problema do *encroachment* ao redor dos aeroportos brasileiros.

A ANAC deveria propor alternativas para ajudar os governos federal e estadual no estabelecimento de políticas e práticas a fim de minimizar ruídos sensíveis no entorno dos aeroportos, inclusive em áreas cujos níveis de ruído são inferiores a da curva DNL 65dB(A). A utilização de métricas complementares junto com o DNL traria vantagens em relação ao que é praticado hoje, tais como:

- ✓ Melhor descreverem a exposição ao ruído para que o público em geral possa compreender facilmente,
- ✓ Facilitar um melhor processo de participação pública para considerar alternativas que levem a um consenso,e
- ✓ Habilitar as autoridades a selecionarem e implementarem a redução do ruído mais eficaz com as medidas de mitigação.

Através dessa Tese foi apresentado um estudo de caso para verificar a situação sonora especificamente dos aeroportos de Congonhas (SBSP) e Recife (SBRF), que pertencem à rede de aeroportos da Infraero e, para tanto, foram utilizadas algumas abordagens alternativas; além do uso do INM 7.0, foram incorporadas outras ferramentas como o SIG (TransCAD 5.0) e o AutoCAD 2007 para estudar as variantes apresentadas durante o estudo.

Ao simular a aplicação de algumas das alternativas propostas para os aeroportos em estudo, no estudo de caso, foi possível visualizar, pelo programa INM e pela ferramenta SIG, o impacto sonoro correspondente e com o auxílio de um APR identificar as RR necessárias para se adotar as possíveis medidas de mitigação de ruído.

Uma Análise de Riscos se faz necessária para a aplicação de medidas mitigadoras, pois ajudará a identificar as possíveis áreas de riscos quanto ao ruído aeronáutico ao redor dos aeroportos. Por essa razão, a presente Tese sugeriu uma Análise Preliminar de Riscos (APR), que permitirá, qualitativamente, identificar os valores de Redução de Ruído (RR) necessários para a aplicação de medidas mitigação, como o isolamento acústico de fachadas.

A APR visa corrigir uma anomalia das tabelas do PBZR e do PEZR, cuja RR sugerida não se comporta uniformemente o que, por sua vez, provoca distorções, como abordado no item 4.5 dessa Tese.

Nota-se que não se propõe um novo zoneamento urbano, e sim, uma área de risco entre a curva DNL 65dB(A) e a curva proposta por esta Tese, de valor igual a 53dB(A). Essa área ignorada pela legislação aeronáutica e pelas prefeituras, segundo a OMS, é uma área vulnerável aos efeitos do impacto do ruído aeronáutico na saúde humana.

A utilização da análise de riscos por meio da APR mostrou-se valiosa e acarretou em muitas vantagens, das quais podem destacar:

- ✓ A correlação entre o nível de pressão sonora e a saúde humana, antes deixada de lado devido à ênfase dada às questões políticas e econômicas;
- ✓ A aplicação dessa ferramenta de análise de ruído está baseada nas recomendações da OMS para os riscos do ruído na saúde humana;
- ✓ A sua utilização que, apesar de vir de encontro à RBAC 161, adota os mesmos critérios, exceto para valores inferiores a 65dB(A), os quais são adaptados;
- ✓ A adoção de uma abordagem mais humana e menos política;
- ✓ A fácil adaptação dela às características do aeroporto estudado;
- ✓ Há compatibilidade com as normas NBR10151 e NBR 10152.

Como o estudo se baseou nas recomendações da OMS e nas normas NBR 10151 e 10152, foi necessário adaptar a RBAC 161 para valores inferiores a 65dB(A). No Capítulo 6 desta Tese foi mostrada, de forma sucinta, a adaptação da matriz de usos compatíveis e incompatíveis para o risco moderado (ver Tabela 6-5) à nova proposta, estabelecendo-se uma correlação da mesma com a NBR 10152 (ver Tabela 6-6), que é a norma utilizada pelas prefeituras do Brasil para mensurar o conforto interno acústico das construções.

Tornou-se imprescindível à Tabela 6-5 a criação de uma nova forma de calcular as reduções de ruído (RR), tendo em vista a tabela original que não previa RR para valores inferiores a 65dB(A). Enquanto para o cálculo do valor mínimo foi utilizado o valor de 53dB(A), que é o valor calculado para a curva complementar ao DNL

65dB(A). Esta curva foi baseada na norma NBR 10151 e é utilizada pelas prefeituras do Brasil para o controle da poluição sonora para ambientes externos.

Os resultados obtidos indicaram que os fatores mais relevantes do incômodo sonoro desses aeroportos se devem ao fato do mesmo estar localizado entre áreas residenciais e que, com a alteração dos ventos e a alta temperatura, favorecem o deslocamento de ar e, conseqüentemente, a propagação do ruído nessas áreas.

Foi comprovado, também, que a APR é totalmente compatível com a RBAC 161, podendo ser utilizada pela ANAC, e compatível com a NBR 10152, podendo ser utilizada pelas prefeituras para um melhor entendimento dos resultados encontrados, recomenda-se observar a Tabela 10-1 (Os dados abordados são referentes às Tabelas 9-2 e 9-5).

TABELA 10-1 – Estudos de casos propostos por esta Tese para o aeroporto de Congonhas.

ESTUDO DE CASO			
1º CASO		2º CASO	
MARGEM CRÍTICA 57dB(A)		MARGEM CRÍTICA 64 – 65dB(A)	
PROPOSTA APR	PROPOSTA NBR 10152	PROPOSTA APR	PROPOSTA NBR 10152
15dB(A)*	11dB(A)	PELO MENOS DE 20dB(A)	PELO MENOS 23dB(A) PODENDO CHEGAR A 24dB(A)

* A Tabela 6-5 utiliza para uso público igrejas o valor máximo para RR, no intervalo 55 - 60dB o valor é de 15dB(A).

No caso um (1) existe uma particularidade da RBAC 161 que considera o valor máximo para RR destinados a alguns usos públicos, em particular, na área da saúde, nas igrejas, nos auditórios e nas salas de concerto. Apesar dessa particularidade, ela não compromete a compatibilidade com a NBR 10152, como visto no capítulo 6 desta Tese. Já no caso 2, pode ser visto com maior clareza a compatibilidade entre a RBAC 161 e a NBR 10152.

O estudo demonstrou uma visão geral a respeito das formas de mensurar o transtorno causado pelas operações de determinadas aeronaves no aeroporto, cabendo aos responsáveis pelo aeródromo julgar pela adoção ou não dos novos procedimentos de

redução do ruído e, junto com o órgão de tráfego aéreo local, implantar essas medidas para modificar o impacto causado pelo ruído aeronáutico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11415, 1990, *Ruído Aeronáutico*, Brasil.

_____ NBR 12859, 1993, *Avaliação do impacto sonoro gerado por operações aeronáuticas*, Brasil.

_____ NBR 10151, 2002, *Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Brasil.

_____ NBR 12179, 1992, *Tratamento acústico em recintos fechados*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Brasil.

ACI - AIRPORT COUNCIL INTERNATIONAL: *World Report*. Disponível em: <http://www.airports.org>. Acessado em: janeiro de 2012.

_____ AIRPORTS COUNCIL INTERNATIONAL: *Airports and the environment. Worldwide airport environmental initiatives (tracker file). Environmental initiatives around the world (Phoenix and Vancouver Airport)*. Disponível em: <http://www.airports.org>. Acessado em: janeiro de 2012.

AGÊNCIA ESTADO: *Bibliografia Campo de Marte em SP tem solo ameaçado*, Brasil, 2009. Disponível em: <http://www.estadao.com.br/noticias/geral,campo-de-marte-em-sp-tem-solo-ameacado-dizestudo,358621,0.htm>. Acessado em: 24 de junho de 2013.

AIKEN, L. R., 1996, *Rating scales and checklists: Evaluating behavior personality and attitudes*, Published by John Wiley & Sons, Inc. Oxford, UK.

AMORIM, E. L. C. de. *Ferramentas de Análise de Risco*. Apostila do curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Alagoas, CTEC, Alagoas, Brasil, 2010. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/71505557/Apostila-de-ferramentas-de-analise-de-risco>. Acessado em: 08 de julho 2015.

ANAC – AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, 2011, *Regulamento Brasileiro da Aviação Civil, RBAC nº 161, EMENDA nº 00*. Planos de Zoneamento de Ruído de Aeródromos – PZR, Brasil.

ANSI – AMERICAN NATIONAL STANDARD, 2002, *ANSI S12.60: Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools*. Melville, EUA.

BABISCH, W., 2011, *Transportation Noise and Cardiovascular Risk*. Review and Synthesis of Epidemiological Studies, Dose-effect Curve and Risk Estimation. Federal Environmental Agency, Berlin, Germany.

BÁRING, J. G. A., 1988, *Desenvolvimento tecnológico em acústica das edificações. Tecnologia das Edificações*. Pini, São Paulo. p. 415-424, Brasil.

BARBOSA FILHO, A. N., 2001, *Segurança do Trabalho & Gestão Ambiental*. São Paulo, Editora ATLAS, Brasil.

BATISTA, N. N., 1998, *A importância do projeto acústico como um dos parâmetros para obtenção da qualidade do espaço edificado*. Dissertação de M.Sc, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

BERTOLI, S. R.; KOWALTOWSKI, D. C. C.; BARROS, L. A. F., 1999, *Avaliação de desempenho acústico em creches de conjunto habitacional de interesse social: o caso de projetos padrão*. In: V ENCAC, 1999, Fortaleza. Anais do V ENCAC 99. Antac, Fortaleza, Brasil.

BISTAFA, S. R., 2006, *Acústica Aplicada ao controle de ruído*. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 368p, Brasil.

BRONZAFT, A. L., AHERN, K.D., MCGINN, R., O'CONNOR, J. & SAVINO, B., 1998, 'Aircraft noise: A potential health hazard' *Environment and Behavior* 30. p. 101–113, EUA.

____ A.L., 2001, 'A voice to end the government's silence on noise' *Hearing Rehabilitation Quarterly* 29. Bruel & Kjaer, Sound & Vibration Measurement – Environmental Noise. p. 6–12, Dinamarca.

BRÜEL & KJÆR., 2000, *Environmental noise*. Brüel & Kjør Sound & Vibration Measurement A/S, p.65, Dinamarca.

CALDAS, T. C. M., 2008, *Relacionamento urbano: Integração operacional de aeroportos*. Curso de planejamento aeroportuário, Infraero, Brasília, Brasil.

CALDAS, T. C. M., 2008, *Integração urbana de aeroportos, um desafio para o planejamento*. SITRAER – SIMPÓSIO DE TRANSPORTE AÉREO. Anais: Rio de Janeiro, p. 812-823, Brasil.

CANALE, S.; DISTEFANO, N.; LEONERDI, S., 2005, *A risk assessment procedure for the management of airport infrastructures*. Disponível em: <http://www.stradelandia.it/pubdown/68.pdf>. Acessado em: Março de 2016.

CARVALHO, L. A., SLAMA, J. G., GAMA, A. P., MAGINA, R., REVOREDO, T. C., 2008, *Coeficientes de Sensibilidade: um instrumento de apoio à gestão ambiental sonora em aeroportos urbano*. Sitraer, Rio de Janeiro, Brasil.

CASALI, J. G., 2000, *Acoustical litigation issues in community noise annoyance*. ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA. Anais: Belo Horizonte, p. 812-823, Brasil.

CHRISTENSEN, F.M.; ANDERSEN, O.; DUUM, N.J.; HARREMÕES, P., 2003, *Risk terminology a platform for common understanding and better communication*. Journal of Hazardous Materials, vol. A103, p. 181-203.

CORDEIRO, C. V. C., 1996, *Qualidade acústica em escritórios panorâmicos: A utilização de sistemas eletrônicos de mascaramento*. Dissertação de M.Sc, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

CULBERSON, S., D., 2011, *Environmental Impacts of Airports*. Ricondo & Associates, Inc, Chicago, Illinois, USA.

DEMPSEY, P. S., 1999, “*Airport planning & development handbook: a global survey*”, McGraw-Hill, New York, EUA.

DIRENG – DIRETORIA DE ENGENHARIA DA AERONÁUTICA, 2012, *Conhecimento Básico de Aeronaves*. Brasil.

DO CARMO, L.I.C, 1999, *Efeitos do ruído ambiental no organismo Humano e suas manifestações auditivas*. Monografia (Especialização), Centro de Especialização em Audiologia Clínica (CEFAC), 45 p.

EASA – EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY, 2011, *Annual Safety Review*. Cologne, Germany.

EC – EUROPEAN COMMISSION, 1996, *Guidance on risk assessment at work*. Luxemburgo.

ELLER, R. de A. G., 2000, *O Ruído Aeronáutico Como Fator de Perda de Valor dos Imóveis Residenciais – O Caso do Aeroporto Internacional de São Paulo*. Dissertação de M.Sc, ITA, São Paulo, Brasil.

FAA – FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 1996, *Integrated Noise Model, User’s Guide versão 5.1*. EUA.

FARINA, A., 1995, *Metrologia del rumore da aeromobili, certificazione acustica e impatto sul territorio*. Bolletino degli Ingegneri della toscana, n. 10, ano XLII, 25 p., Itália.

FERNANDES, J. C., 2002, *Acústica e Ruído*. p. 98, Brasil.

_____ PRADO, M., YAMASHITA, Y., SLAMA, S., 2007, “*Aircraft Noise Impact – Indicator Number*”. Istanbul Inter- Noise, Turquia.

FICAN - FEDERAL INTERAGENCY COMMITTEE ON AVIATION NOISE, 1997, *Effects of Aviation Noise on Awakenings from Sleep*. EUA

FIDELL, S., Schultz, T. J., and Green, D., 1988, *A theoretical interpretation of the prevalence rate of noise-induced annoyance in residential populations*. Journal of the Acoustical Society of America. v. 84, pp. 2109–2113. USA.

FIORINI, A. C., 2002, *Percepção da fala*. SOBRAC – ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 20, Rio de Janeiro, Brasil.

GERGES, S. N. Y., 2000, *Ruído: fundamentos e controle*. 696 p, Brasil.

GILCHRIST, W., 1993, *Modelling Failure Modes and Effects Analysis*. International Journal of Quality & Reliability Management, vol. 10, Iss:5.

GIFFORD, R., 1998, *Educational Environmental Psychology*. Environmental Psychology: principles and practice, Published by Allyn Bacon, EUA.

HAMPEL, J., 2006, *Different concepts of risk – A Challenge for risk communication*. International Journal of Medical Microbiology, vol. 296, p. 5-10.

IAC – INSTITUTO DE AVIAÇÃO CIVIL, 1981, *Divisão de Relacionamento Urbano. Métodos de avaliação dos níveis de ruído e de incômodo gerados pela operação de aeronaves em aeroportos*. Ministério da Aeronáutica – IAC, 1981. 107 p. (Boletim Técnico – IAC 4102-0581), Rio de Janeiro, Brasil.

IATA - INTERNATIONAL AIR TRANSPORT ASSOCIATION. *Environmental Review 2004*. Disponível em: <http://www.iata.org/NR/rdonlyres/B73AF136-9824-4149-80F25A5BAD0C89E/34687/IATAEnvironmentalReview2004.pdf>. Acessado em: janeiro de 2012.

IAC – INSTITUTO DE AVIAÇÃO CIVIL, 1981, *Método de avaliação dos níveis de ruído e de incômodo gerados pela operação de aeronaves em aeroportos*. Boletim Técnico no 4102-0581, Brasil.

ICAO – International Civil Aviation Organization, 1993, *Aircraft Noise*. Annex 16, Volume 1 – Environmental Protection, third edition, EUA.

_____ – International Civil Aviation Organization, 2002, *Airport Planning Manual*. Doc 9184, Part 2 – Land Use and Environmental Protection, EUA.

_____ – International Civil Aviation Organization, 2004, *Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management*. Doc 9829, EUA.

_____ – International Civil Aviation Organization, 2004, *Assembly Resolution A35-5*. Doc 9848, Appendix C, EUA.

_____ – International Civil Aviation Organization, 2007, *Environmental Report*. EUA.
INFRAERO, 1990, *Ato Administrativo 193/SEDE/90*. Brasil.

_____ – International Civil Aviation Organization, 2012, *Safety Management Manual SMM*. Doc 9859, Montreal, Canada.

ISO – International Organization for Standardization, 1978, *Acoustics: procedure for describing aircraft noise heard on the ground, ISO 3891*. p.24, Suíça.

_____ – International Organization for Standardization, 1982, *ISO 1996/1: Acoustics: Description and measurements of environmental noise. Part 1: Basic quantities and procedures, 1996/1*. p.5, Suíça.

_____ – International Organization for Standardization, 1987, *ISO 1996/2: Acoustics: Description and measurements of environmental noise. Part 2: Acquisition of data pertinent to land use, 1996/2*. p.7, Suíça.

_____ – International Organization for Standardization, 2003. *ISO 1996 – 1:2003 Acoustics – Description and measurement of environmental noise. Part 1: Basic quantities and procedures*.

JORNAL ESTADO DE SÃO PAULO: *História do Aeroporto de Congonhas, do glamour à tragédia*, Brasil, 2007.

Disponível em: http://render.estadao.com.br/cidades/not_cid20851,0.htm. Acessado em: 24 de junho de 2013.

KNUDSEN, V. O.; HARRIS, C. M., 1988, “*Acoustical Designing in Architectura*”, *Nova York: Acoustical Society of America*. EUA.

LIMA, G. B. A., 2000, *Uma abordagem multicritério para a avaliação do grau de risco dos ramos econômicos*. Tese (Doutorado em Engenharia) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Brasil.

LORO, C. L. P., 2003, *Avaliação acústica de salas de aula – Estudo de caso em salas de aula Padrão 023 da rede pública*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.

LOSSO, M. A. F., 2003, *Qualidade acústica de edificações escolares em Santa Catarina: avaliação e elaboração de diretrizes para projeto de implantação*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

MACDONALD, D., 2004, *Practical Hazops, Trips and Alarms*. Published by Elsevier. Oxford, UK.

MUÑOZ, A., 2007, *Problemática Ambiental na Aviação Civil*. Revista Brasileira de Direito Aeronáutico e Espacial. Código 1792. Disponível em <http://www.sbda.org.br/revista/Anterior/1792.htm>. Acessado em: 24 de junho de 2013.

MUZET, A., 2001, *Aircraft noise and sleep*. Bonn, Alemanha.

NAGEM, M.P, 2004, *Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia*. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 133 p, Campinas, Brasil.

O GLOBO: *Barulho de aeroporto cria hipertensão instantânea*, Brasil, 2008. Disponível em: http://oglobo.globo.com/mundo/mat/2008/02/14/barulho_de_aeroporto_cria_hipertensao_instantanea_diz_estudo-425654148.asp. Acessado em: 24 de junho de 2013.

OHSA, *Occupational Safety and Health Administration. Norma 18001*. Apostila da Norma.

OLMSTEAD, *et al.*, 2002, “*Integrated Noise Model (INM) Version 6.0 User’s Guide*”, Report No. FAA-AEE-02-01. Federal Aviation Administration, Washington, DC, EUA.

PAIXÃO, D.X., 1997, *Análise das condições acústicas em sala de aula*. Santa Maria, Brasil.

PALHARES, G. L., 2001, *Transporte aéreo e turismo: gerando desenvolvimento socioeconômico*. São Paulo, Brasil.

PILLAY, D., *et al.*, 2011, *A Preliminary study of the effects of aircraft noise families who reside in close proximity to an airport*. South African Family Practice. v.53, Issue 4, South African.

PONZETTO, G., 2002, *Mapa de Riscos Ambientais: Manual Prático*. São Paulo, Editora LTR, Brasil.

PORTLAND AIRPORT – PDX, 1996, *Airport Annual Attenuation Plan Report*. EUA.

RIBEIRO, T., 2007, *História do Aeroporto de Congonhas, do Glamour a tragédia*.

Estadão, São Paulo, Brasil. Disponível em:

<http://www.estadao.com.br/noticias/cidades,historia-do-aeroporto-de-congonhas-do-glamour-a-tragedia,20851,0.htm>. Acessado em: Abril de 2013.

ROMAN, N., 2003, *New Acoustical Standards for Classrooms*. Disponível em:

<http://www.mbinet.org>. Acessado em: Julho de 2015.

SALTER, M. B., 2007, *SeMS and sensibility: management systems and the management of risk in the Canadian Air Transport Security Authority*. *Journal of Air Management*, vol. 13, Issue 6, p. 389 - 398.

SANCHO, V.; SENCHERMES, A. G., 1982, *Curso de acústica em arquitectura*. Madrid: Colégio Oficial de Arquitectos de Madrid. 215 p, Madri, Espanha.

SANTOS, M. J. O., 1993, *Ruído no ambiente escolar: causas e consequências*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

SANTOS, U. P., 1999, *Ruído: riscos e prevenção*. Hucitec, 157p, São Paulo, Brasil.

SAPEP – SEGURANÇA APLICADA A PRODUÇÃO E EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO, 2013, *Análise de riscos aplicada aos projetos de E&P*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança Aplicada aos projetos de E&P da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

SCATOLINI, F., ELLER, R. A. G., 2008, *Impacto do Ruído Aeronáutico no Mercado Imobiliário de São Paulo*. SITRAER – SIMPÓSIO DE TRANSPORTE AÉREO. Anais: p.824-832. Rio de Janeiro, Brasil.

SCATOLINI, F., 2006, *Análise de sensibilidade em curvas de ruído*. ENCONTRO TÉCNICO RUÍDO AERONÁUTICO NAS ÁREAS DE ENTORNO DE AEROPORTOS, 1, INFRAERO. Rio de Janeiro, Brasil.

SEEP, B., GLOSEMEYER, R., HULCE, E., LINN, M. AYATAR, P., 2002, *Acústica de salas de aula*. Revista de Acústica e Vibrações, n 29, Brasil.

SCHULTZ, T. J., 1978, *Synthesis of social surveys on noise annoyance*. Journal of Acoustical Society of America, vol. 64, p. 377- 405.

SILVA, A., 1990, *Aerportos e desenvolvimento*. Rio de Janeiro: Instituto Histórico-Cultural da Aeronáutica; Belo Horizonte: Vila Rica, Brasil.

SILVA, C. J. L e., 2010, *Transporte aéreo, infraestrutura aeroportuária e controle urbano: O estudo de caso do aeroporto internacional do Recife/Guararapes – Gilberto Freyre*. Dissertação de M.Sc, UFP, Recife, Brasil.

Site: ANAC, Disponível em: <http://www2.anac.gov.br/hotran/>. Acessado em: março de 2012.

Site: BEEZZER, Disponível em: <http://pt.beezzer.com>. Acessado em: abril de 2012.

Site: CATEP, Disponível em:
<http://www.catep.com.br/dicas/CONFORTO%20ACUSTICO.htm>. Acessado em:
outubro de 2013.

Site: CORREIO AERONÁUTICO, Disponível em:
<http://www.correioaeronautico.com.br/html/CANALDECOMUNICACAO.pdf/>.
Acessado em: janeiro de 2012.

Site: ENGENHARIACIVIL, Disponível em: <http://www.engenhariacivil.com/acustica-isolamento-sonoro-edificios>. Acessado em: outubro de 2013.

Site: FOLHA, Disponível em:

<http://www1.folha.uol.com.br/folha/especial/2007/morar2/rf3003200716.shtml>.

Acessado em: outubro de 2013.

Site: ICAO, Disponível em: <http://www.icao.int/icao/en/env/noise.htm>. Acessado em: janeiro de 2011.

Site: IATA, Disponível em:

http://www.iata.org/whatwedo/environment/aircraft_noise.htm. Acessado em: janeiro de 2011.

Site: INFRAERO, Disponível em: <http://www.infraero.gov.br/>. Acessado em: janeiro de 2012.

Site: MINISTÉRIO DAS CIDADES, Disponível em:

<http://www.centrodametropole.org.br/mc/html/bases.html> /. Acessado em: março de 2012.

Site: QUATROCANTOS, Disponível em: <http://www.quatrocantos.com>. Acessado em: abril de 2012.

Site: SAMPAONLINE, Disponível em: <http://www.sampaonline.gov.br/>. Acessado em: abril de 2012.

Site: SCRIBD, Disponível em: <http://www.scribd.com/doc/4035852/NBR-10151-2000-Avalizacao-de-Ruido-em-Areas-Habitadas> /. Acessado em: dezembro de 2012.

Site: SCRIBD, Disponível em: <http://www.scribd.com/doc/57566829/512-RUIDO/>. Acessado em: dezembro de 2012.

Site: SKYSCRAPERCITY, Disponível em: <http://www.skyscrapercity.com>. Acessado em: abril de 2012.

Site: WORDPRESS, Disponível em: <http://www.wordpress.com>. Acessado em: abril de 2012.

Site: WORLD HEALTH ORGANISATION, Disponível em: <http://www.who.int/peh/>. Acessado em: janeiro de 2013.

Site: YABAQUARA, Disponível em: <http://www.yabaquara.wordpress.com>. Acessado em: junho de 2012.

SLAMA, J. G., 2006, *Análise Crítica da Legislação Ambiental e Legislação Aeronáutica com Relação ao Ruído – Recife e Congonhas*. Brasil.

_____ and REVOREDO, T. C., 2005, *Metrics Comparison and Control Approach in Airport Noise*. Air Transport Research Society (ATRS) World Conference, v. 1. p. 1-8, Brazil.

SOARES, L. M., 2002, *Estatuto da Cidade: Comentários à Lei Federal 10.257/2001*. Malheiros. p. 293, São Paulo, Brasil.

TAVARES, J. C., 2004, *Noções de Prevenção e controle de perdas em segurança do trabalho*. SENAC: São Paulo, Brasil.

VALIM, F., 2006, *Análise das diferentes formas de atenuação do ruído aeronáutico*. Dissertação de M.Sc, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil.

VALIM, F. C., YAMASHITA, Y., 2006, *Procedimentos em solo para atenuação do ruído aeronáutico*. SITRAER – SIMPÓSIO DE TRANSPORTE AÉREO. Anais: p.269-277, Brasília, Brasil.

VALLET, M., 1996, *Caractéristiques et indicateurs de la gêne due au bruit des avions. Synthèse*. INRET n° 29 de junho de 1996. Disponível em: <http://www.ufcna.com/mesurebruit1.html>. Acessado em: 17 de junho de 2013.

VINCENT, B.; VALLET, M.; OLIVIER, D.; PAQUE, G., 2000, *Evaluation of variations of the annoyance due to aircraft noise*. The 29th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, Inter-noise 2000, Nice, França.

VINCOLI, J. W., 2014, *Preliminary Hazard Analysis*. Basic Guide to System Safety, Published by John Wiley & Sons, Inc. Oxford, UK.

WALLIS, A. D., 2002, *Airport noise monitoring: a review*. Aircraft Engineering and Aerospace Technology: An International Journal, Emerald Group Publishing Limited, Volume 69, n° 2, p. 112-118.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2001, *Noise in Schools*. Geneva, Suíça.

WONG, K. Y., 2007, *The modeling of accident frequency using risk exposure data for the assessment of airport safety areas*. Loughborough University Institucional Repository, UK.

WONG, D. K. Y.; PITFIELD, D. E.; CAVES, R. E.; APPELYARD, A. J., 2006, *Quantifying and characterizing aviation accident risk factors*. Journal of Air Transport Management, vol.12, Issue 6, p. 352 - 357.

Apêndice A

ABNT NBR 10.151 – Procedimentos de Medição

A.1 Condições gerais

Na ocorrência de reclamações, as medições devem ser efetuadas nas condições e locais indicados pelo reclamante, de acordo com os itens 5.5.2 e 5.3 da referida norma, devendo ser atendidas as demais condições gerais.

Todos os valores medidos do nível de pressão sonora devem ser aproximados ao valor inteiro mais próximo.

Não devem ser efetuadas medições na existência de interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza (por exemplo, trovões, chuvas fortes, etc).

O tempo de medição deve ser escolhido de forma a permitir a caracterização do ruído em questão.

A medição pode envolver uma única amostra ou uma sequência delas.

A.2 Medições no exterior de edificações

Deve-se prevenir o efeito de ventos sobre o microfone com o uso de protetor, conforme instruções do fabricante,

- No exterior das edificações que contém a fonte, as medições devem ser efetuadas em pontos afastados de aproximadamente 1,2m do piso e 2m do limite da propriedade e de quaisquer outras superfícies refletoras, como muros, paredes, etc. Na impossibilidade de atender alguma destas recomendações, a descrição da situação medida deve constar no relatório.
- No exterior da habitação do reclamante, as medições devem ser efetuadas em pontos afastados de aproximadamente 1,2m do piso e 2m do limite da propriedade e de quaisquer superfícies refletoras, como muros, paredes etc.

Caso o reclamante indique algum ponto de medição que não atenda as condições acima, o valor medido neste ponto também deve constar no relatório.

A.3 Medições no interior de edificações

As medições em ambientes internos devem ser efetuadas a uma distância de no mínimo 1m de quaisquer superfícies como paredes, teto, pisos e móveis.

Os níveis de pressão sonora em interiores devem ser o resultado da média aritmética dos valores medidos em pelo menos 3 posições distintas, sempre que possível, afastadas entre si pelo menos 0,5m.

A.4 ABNT NBR 10.151 – Avaliação

A Norma ABNT NBR 10.151 estabelece níveis críticos de avaliação (NCA) do ruído no exterior das habitações, em [dB(A)], em função do zoneamento e do período (dia ou noite), conforme mostrado na Tabela A.1 a seguir.

Esses níveis devem ser comparados com o nível equivalente LAeq, medido com a atividade em funcionamento (o aeroporto), acrescido, se necessário de uma correção que depende das características peculiares do ruído em questão.

Se o nível crítico de avaliação (NCA) for inferior ao LAeq correspondente ao ruído ambiente existente no local, sem a atividade funcionando (LRA), esse passa a ser considerado como nível crítico de avaliação.

Tabela A.1 - NBR 10.151 – Nível Crítico para ambientes externos, em [dB(A)].

Tipos de áreas	NCA Diurno	NCA Noturno
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: ABNT (2000).

É importante observar que a Norma ABNT NBR 10151 considera regiões habitadas em todas as áreas da tabela acima. Assim, por exemplo, podemos ter residências em área mista, com vocação recreacional, com devida adequação sonora.

Apêndice B

Modelo Integrado de Ruído - INM

B.1 Apresentação do INM 7.0

O INM é um programa computacional desenvolvido pela FAA, que tem como objetivo calcular o nível de ruído produzido por operações aeronáuticas nas áreas de entorno de aeródromos. Atualmente, este programa é utilizado por mais de 700 organizações em 35 países, incluindo o Brasil.

O software foi desenvolvido com base em três documentos que definem um método de cálculo similar: "*Procedure for the Calculation of Airplane Noise in the Vicinity of Airports*" da SAE⁴¹ - *Aerospace Information report (AIR)* (SAE 1845), circular 205 da OACI e o documento N°29 da ECAC.CEAC.

O programa utiliza informações de rotas de voos, frota de aeronaves por aeroporto, características das aeronaves, modelos de terreno, entre outras. Com essas informações as curvas de ruído são calculadas permitindo analisar o efeito das variações nos parâmetros aeroportuários na emissão sonora e conseqüentemente a percepção pelo ambiente no entorno do aeroporto.

Os algoritmos de cálculo de ruído estão apresentados em documentos publicados pela SAE, incluindo o AIR- SAE-1845 (1986), entre outros, que se referem à absorção atmosférica e a atenuação sonora.

O INM é um modelo de avaliação média de ruído, desenvolvido para cálculos estimados em longo prazo, utilizando dados mensais ou anuais de entrada. Por esse motivo, podem ocorrer diferenças entre o que foi estimado e as medições locais.

A versão do programa INM utilizada é a 7.0, de 2007, a qual possui um banco de dados contendo informações detalhadas sobre os níveis de ruído produzidos por mais de duzentas aeronaves.

⁴¹Society of Automotive Engineers

Os aspectos a verificar sobre os métodos de cálculo provisório correspondem aos seguintes aspectos:

Dados de emissões: os bancos de dados de emissões empregados correspondem com ao do software INM da FAA, versão 7.0.

O INM contém um banco de dados que correlacionam ruído, potência e distância (NPD⁴²), contendo, também, um banco de dados de recursos espectrais, aplicados apenas no cálculo da absorção sonora atmosférica. Os dados NPD de uma aeronave, não podem ser definidos pelo usuário, consistindo em vários níveis de decibéis em função da potência dos motores e a distância entre o observador e a aeronave.

Para cada aeronave específica os dados de ruído são dados em um formato mostrando o nível de ruído como uma função da distância da aeronave e a potência do motor (Tabela B.1). À distância e a potência do motor são dados em ordem crescente, o nível de ruído é dado em L_{AE} .

Tabela B.1 - Formato dos dados de ruído: L_{AE} como uma função de uma distância próxima d e o ajuste de potência do motor P .

DISTÂNCIA	POTÊNCIA DO MOTOR				
	P_1	P_2	P_3	...	P_n
d_1	L_{11}	L_{12}	L_{13}	...	L_{1n}
d_2	L_{21}	L_{22}	L_{23}	...	L_{2n}
d_3	L_{31}	L_{32}	L_{33}	...	L_{3n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
d_m	L_{m1}	L_{m2}	L_{m3}	...	L_{mn}

Fonte: FAA (1998)

⁴²Noise vs. Power vs. Distance

Os níveis de ruído no formato correspondem ao nível de ruído medido durante uma decolagem. Durante a decolagem assume-se a aeronave, dentro do período de tempo que determina a métrica de ruído, seguindo uma trajetória reta com velocidade e ajuste de potência constante. A distância no formato é a mais próxima entre posição de medição e a aeronave durante a decolagem. A potência do motor é expressa em uma unidade de relevância para cada aeronave específica, para as aeronaves a jato o empuxo normalmente do motor é em libras. O nível de ruído no formato é corrigido para cumprir com os fatores de atenuação atmosférica descritos no Documento ECAC 29, OACI Cir 205 e SAE AIR 1845. O intervalo de validade é: temperatura do ar inferior a 30°C, produto da temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) superior a 500, velocidade do vento inferior a 8 m/s.

Estimativa para níveis de ruído em função da distância e potência do motor é feito por interpolação (Figura B.1). Onde P é a potência, P_1 e P_2 são os ajustes de potência (*Power setting*) no formato imediatamente abaixo e acima de P .

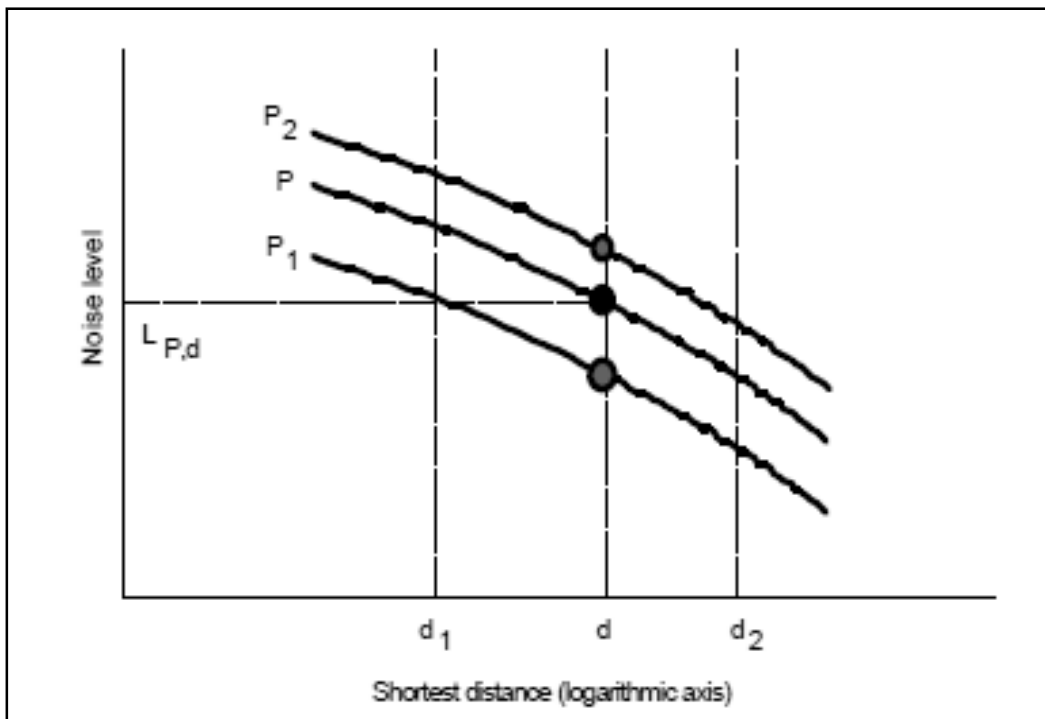


Figura B.1 - Esquema de Interpolação Linear.
Fonte: SAE AIR 1845_MAR1986 ©1986 Society of Automotive Engineers, Inc.

Os dados de ruído preferivelmente devem abranger todas as distâncias e ajustes de potência de relevância aos cálculos de ruído. A maioria das bases de dados cobre o

intervalo de distância de aproximadamente 60-7600 m (200-25000 pés). Uma amostra de dados NPD do INM podem ser examinados na Tabela B.2.

Tabela B.2 – Amostras de dados NPD para uma aeronave 757PW com um motor PPW2037.

ACFT _ID	NOISE _ID	OP_ TYPE	THR_ SET	L_ 200	L_ 400	...	L_ 25000
757PW	PW2037	A	5000	96.1	91.8	...	49.2
757PW	PW2037	A	12000	98.6	94.0	...	49.4
757PW	PW2037	D	13000	98.4	94.3	...	49.8
757PW	PW2037	D	24000	100.5	96.2	...	56.0
757PW	PW2037	D	30000	104.3	100.6	...	60.9
757PW	PW2037	D	36000	104.5	101.5	...	61.6

Fonte: NASA Ames Research Center

O modelo de banco de dados contém informações de ruído (em dB) em 10 diferentes distâncias de um ponto de observação, de 200 a 25.000 pés. Neste conjunto de dados do exemplo, a curva de ruído identificada é medida a partir de um Boeing 757 (757PW), juntamente com os motores Pratt & Whitney (PW2037), para operações de aterrissagens e decolagens com configurações de empuxo 5000-36000 lb.

Técnica de segmentação: o software do INM utiliza a técnica de segmentação para o cálculo do nível de exposição gerado por uma aeronave no curso de suas operações.

A trajetória de voo, tanto em seus trajetos retos como circulares, está dividida em segmentos, todos eles retos, com potência e velocidade constantes. O comprimento mínimo de um segmento é de três metros.

A vantagem que apresenta os modelos de segmentação das trajetórias do voo, é que cada segmento pode ser calculado em condições distintas dentro de uma mesma

trajetória, como por exemplo, alterar as potências dos motores de acordo com o tipo de operação (subir a velocidade constante, acelerar mantendo a altura constante, etc.).

Um dos primeiros cálculos que se realiza é o geométrico, calcula-se a distância mais curta entre diferentes pontos da malha e a trajetória do voo, a linha perpendicular que os une (Figura B.2). O ponto mais próximo é denotado P e o ponto de cálculo B.

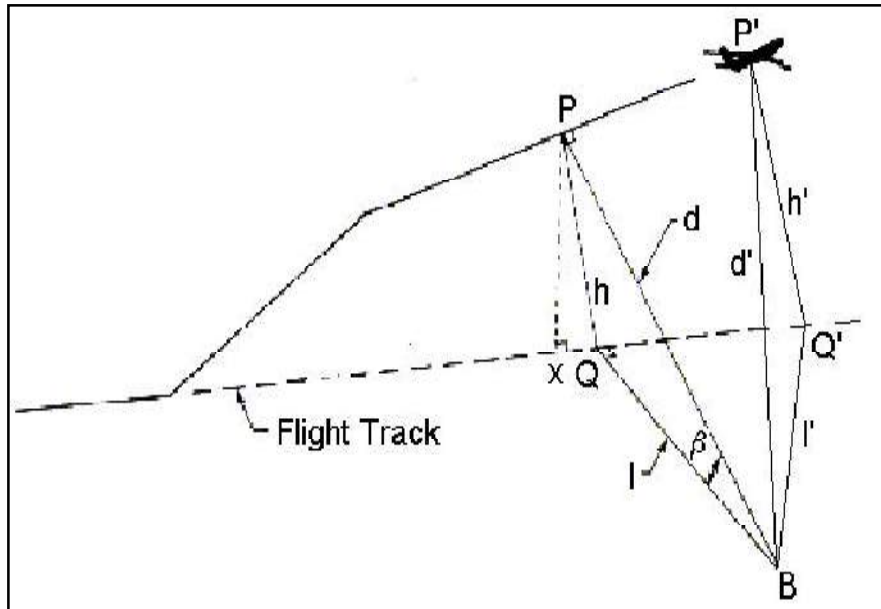


Figura B.2 - Definição de parâmetros geométricos. **Fonte:** FAA (1998).

Do formato dos dados de desempenho é determinada a altura no ponto P. A distância entre P e B denotado d é calculada. Baseado na distância d e no ajuste de potência do motor pode-se determinar o nível de ruído não corrigido para cada segmento do formato de dados do ruído. A distância d é calculada de acordo com a Figura (B.2) mesmo se o ponto P se encontra além das extremidades do segmento. Esta distância calculada é importante visto que a partir dela é que se calcula a exposição sonora de cada segmento.

Uma vez calculada a exposição sonora de cada segmento, realiza-se o cálculo da correspondente ao voo, através de uma integração ao longo da trajetória, para obter finalmente a energia total.

B.2 Descrição do modelo

Para o cálculo de um determinado cenário, o INM deve representar a configuração física do seu campo de voo e de seu entorno, assim como a maneira na qual se utilizam as instalações, ou seja, o seu regime de funcionamento.

Para atingir este objetivo é necessário reunir informações que descrevam as operações de decolagem e aterrissagem para o período considerado, incluindo a descrição do modelo da aeronave que realiza cada operação e as trajetórias de voo seguidas nas operações de decolagem e aproximação do aeroporto.

O processo de cálculo do valor das métricas declaradas se realiza da mesma forma em todos os pontos de uma malha de cálculo, definida anteriormente, abrangendo o escopo de simulação desejada. Os níveis de ruído gerados por cada operação de sobrevoos em cada ponto da malha são obtidos mediante integração dos diferentes resultados obtidos para cada segmento da rota com a aplicação de algoritmos que envolvem os dados de comportamento acústico de cada aeronave, os perfis de voo e as distâncias das aeronaves ao ponto em questão.

Estes níveis se corrigem mediante algoritmos que refletem a incidência da atenuação lateral, especificamente a norma SAE-AIR-1751 "*Prediction Method for Lateral Attenuation of Airplane Noise during Takeoff and Landing* – Método de previsão para atenuação lateral do ruído de aeronaves durante a decolagem e pouso" de 1981 de acordo com documento N ° 29 da ECAC.CEAC (versão de 1997). A partir dos valores corrigidos aplica-se a expressão do índice de exposição desejada, que pode incluir a consideração dos fatores de penalização para as operações realizadas em determinados períodos do dia, obtendo-se o valor do mesmo nos pontos de malha do cálculo.

Os contornos de igual nível de ruído (isofônicos) constituem o resultado gráfico fundamental do processo de cálculo e podem ser incorporados aos mapas de compatibilidade de uso.

O modelo também proporciona os níveis de condição em pontos específicos em que sua caracterização é importante para os processos de avaliação. Nestes pontos, o modelo fornece informações detalhadas que permite distinguir aqueles eventos que contribuem de maneira mais significativa aos níveis resultantes.

O fluxograma na Figura (B.3) mostra esquematicamente a metodologia seguida para realizar a simulação de um caso com o INM.



Figura B.3 - Diagrama de fluxo do INM.

B.3 Da aplicação do INM 7.0

Para se utilizar o INM 7.0 na previsão dos níveis de ruído nas áreas de entorno de aeródromos são necessários os seguintes dados:

- Temperatura de referência do aeródromo;
- Altitude do aeródromo;
- Comprimento(s) de Pista(s); incluindo as coordenadas cartesianas ou geográficas das cabeceiras;
- Trajetórias de pouso e decolagem (rotas e procedimentos);
- Modelos de Aeronaves;
- Numero de movimentos diurnos e noturnos de aeronaves dentro de cada uma das trajetórias;
- Definir a área de entorno do aeródromo que o programa fará o cálculo de níveis de ruído;
- Unidade de incômodo a ser calculada;
- Valores dos níveis de ruído desejados.

Após incluir todas estas informações, o INM 7.0 calcula os níveis de ruído para cada ponto da área estipula pelo usuário, na unidade de incômodo desejada. Ao terminar este procedimento, o programa une os pontos com os valores de níveis de ruído especificados. Da união destes pontos surgem as Curvas Nível de Ruído, que são utilizadas como um dos elementos dos Planos de Zoneamento de Ruído.

Apêndice C

Sistema de Informações Geográficas - SIG

C.1 O Sistema de Informação Geográfica como ferramenta de auxílio à quantificação de impacto sonoro de aeroportos

O Sistema de Informação Geográfica já tem sido utilizado há algum tempo como auxílio a pesquisas e avaliações de diversas áreas tal como transporte público, saúde, meio ambiente, etc. Embora a poluição sonora esteja inserida na área de meio ambiente, o uso do SIG para fins de quantificação de impacto sonoro ainda tem sido pequeno ou nenhum no Brasil, principalmente no tocante ao ruído aeroportuário. Isto porque, apesar de ser uma ferramenta de caráter interdisciplinar, o SIG, da maneira como se apresenta atualmente, é uma área nova em franco desenvolvimento. Assim, faz-se necessária uma explicação a respeito deste tema.

C.2 O que é um SIG?

O Sistema de Informação Geográfica é um sistema de informação que permite a entrada, armazenamento, manipulação e visualização, por meio de mapas, de dados georreferenciados. O próprio nome desta ferramenta já indica que os dados que a compõem são de natureza geográfica, ou seja, dados socioeconômicos, políticos, físicos, etc., relacionados a uma determinada região do planeta.

Existe a tendência de referir-se ao Sistema de Informação Geográfica como uma ferramenta computacional. Entretanto, antes da existência de computadores, o SIG, enquanto conceito, já era utilizado. Os mapas analógicos, concebidos pela cartografia tradicional, traziam consigo boa parte das características e funções dos atuais Sistemas de Informação Geográfica, como o auxílio ao gerenciamento e à solução de problemas do território representado. Um exemplo famoso foi à localização geográfica do foco de cólera, no ano de 1854, durante uma epidemia da doença em Londres, quando John Snow fez o mapeamento dos casos de cólera. Há ainda o fato de que a civilização Inca,

em uma época muito anterior à de Snow, já usava um método de levantamento geográfico semelhante, em sua concepção, ao Sistema de Informação Geográfica (PAREDES, 1994).

O desenvolvimento do SIG, como se conhece, atualmente iniciou-se na década de 60 e recebeu, principalmente, contribuição da Cartografia Digital. Esta, assim como o SIG, associa dados gráficos a não gráficos e sobrepõe como camadas mapas de diferentes temas constituindo-se um SIC (Sistema de Informação Cartográfica). Entretanto, o SIC tem como objetivo a elaboração de mapas por meio digital, enquanto o SIG permite simulações, isto é, criação de novos dados. Segundo Paredes, “um SIC com, com capacidade de produzir novas informações através da análise de dados relacionados, denomina-se de Sistema de Informações Geográficas (SIG)”.

C.3 Tipos de dados do SIG

Os softwares de Sistema de Informação Geográfica são compostos por dois tipos de dados: dados gráficos e dados não gráficos. Os dois tipos de dados são associados entre si, porém armazenados em ambientes distintos. As principais características de cada um são descritas a seguir:

Dados gráficos ou espaciais

Os dados espaciais correspondem à descrição gráfica dos fenômenos físicos da região que se deseja representar. A representação gráfica do mundo real é feita e nos SIG's por meio de pontos, linhas e polígonos.

- Ponto – usado para representar elementos pequenos em relação à escala do mapa onde estão inseridos e que, por isso, passam a não possuir dimensão. Ex.: As escolas inseridas no mapa de um município são representadas por pontos;
- Linha – utilizada para representar os elementos que tendem a ser unidimensionais em escala de mapas. Ex.: As vias de tráfego;
- Polígono – representa áreas (representação bidimensional). Ex.: os limites de um município, de um país, de um bairro, etc.

Os dados espaciais podem ser armazenados sob duas estruturas: matricial e vetorial. No primeiro caso, a representação gráfica é feita através de células (pixels) preenchidas com o tema mais recorrente em determinada localização espacial (HARA, 1997). No segundo, a representação é feita com a estrutura *arco-nó-região*, isto é, as linhas (arcos) se interligam através de pontos (nós) formando uma área (região).

Os SIG's com estrutura matricial são muito utilizados na elaboração de mapas onde se pretende representar a gráfica da variação espacial dos fenômenos físicos, como mapas de tipos de solo, bacias hidrográficas, imagens de satélite, etc.

Os SIG's com estrutura vetorial são mais úteis para o mapeamento de elementos que podem ser facilmente representados pela união de linhas e pontos, como malhas viárias, mapas cadastrais, etc.

Dados Não gráficos ou Descritivos:

Os dados não gráficos são a descrição semântica dos elementos representados pelos dados gráficos. Os dados não gráficos são armazenados em um SGBD (Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados) e visualizados através de uma tabela.

Cada objeto gráfico recebe um identificador (ID) através do qual será relacionado aos seus dados descritivos. As linhas da tabela mencionada no último parágrafo correspondem às entidades, que são os elementos gráficos representados por seus identificadores, e as colunas correspondem aos atributos, que são a descrição (numérica ou não) dos elementos gráficos.

A conexão entre os dados espaciais e descritivos permite que a consulta dos atributos de um determinado objeto espacial seja feita por meio da interface gráfica do SIG.

Apêndice D

Filtros de Ponderação

A resposta do ouvido em frequência tem uma variação não linear e por isso foram introduzidos nos sonômetros filtros de ponderação com o objetivo de correlacionar os valores medidos com a resposta do ouvido. Estes filtros têm a particularidade de atenuar o sinal sonoro de acordo com curvas de ponderação que seguem aproximadamente as curvas isofônicas. Nas normas internacionais estão definidas 4 curvas: A, B, C e D. As curvas E e SI embora padronizadas têm pouca utilização; todas as curvas são apresentadas na Figura (D.1).

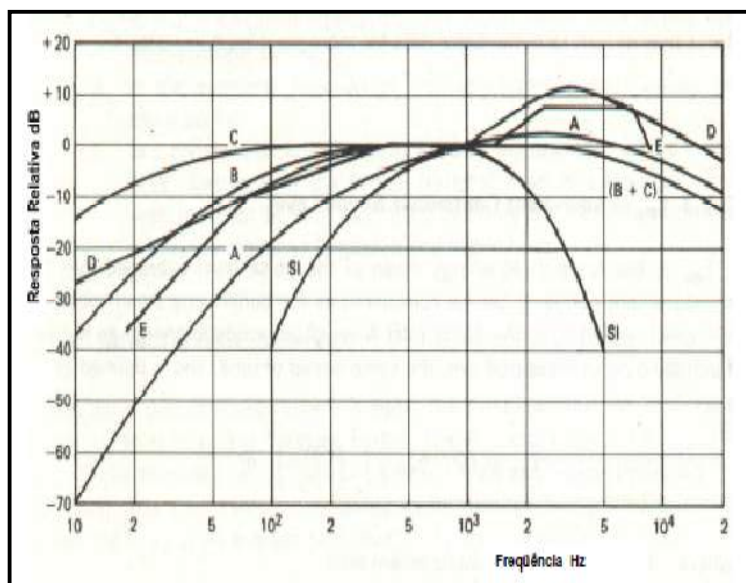


Figura D.1 - Curvas dos Filtros A, B, C, D, E e SI. **Fonte:** HASSAL (1979).

As curvas de ponderação A, B e C correspondem aproximadamente às curvas do mesmo nível de audibilidade de 40, 70 e 100 fones invertidas (HASSAL, 1979).

O filtro de ponderação D, desenvolvido mais recentemente, é voltado especificamente para a aviação, uma vez que os pesos referentes às frequências mais usuais do ruído aeronáutico foram aumentados (HASSAL, 1979).

Os níveis de pressão sonora submetidos a este tipo de correção são expressos como dB(A), dB(B), dB(C) e dB(D). A curva de ponderação mais utilizada é a curva A

por ser aquela que melhor correlaciona os valores medidos com a incomodidade ou risco de trauma auditivo do sinal sonoro. A Figura (D.2) mostra os níveis de ponderação A de alguns ruídos ambientais. Note que estas faixas de valores medidos são os máximos níveis sonoros.

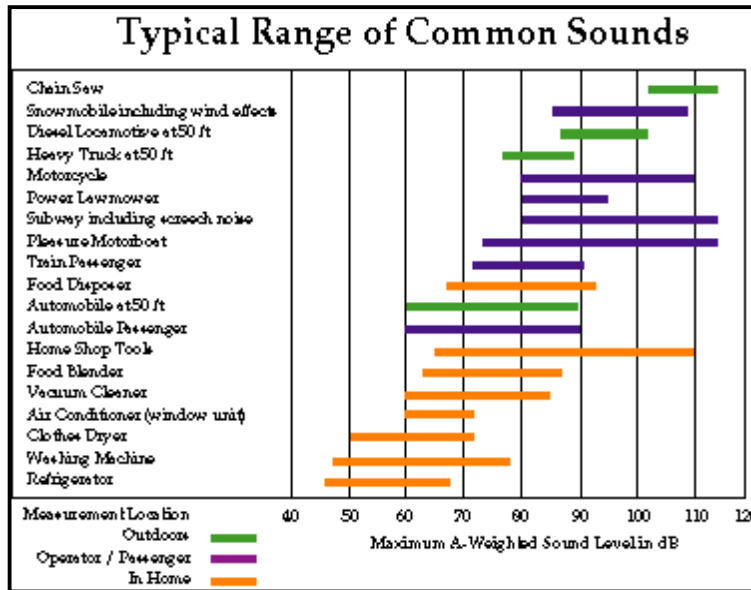


Figura D.2 - Faixa típica de sons comuns. Fonte: EPA.

Apêndice E

Aplicação da Abordagem Equilibrada

Os problemas causados pelas operações com aeronaves relacionadas ao ruído são reconhecidos internacionalmente e medidas visando à atenuação do ruído devem ser tomadas. Entretanto, tais medidas não devem inviabilizar o funcionamento de aeroportos nas cidades. Por este motivo, a OACI publicou uma série de recomendações, que visam o equilíbrio entre as atividades aeroportuárias e o controle de ruído, denominada abordagem equilibrada (*Balanced Approach*). A seguir são mostradas algumas das recomendações do *Balanced Approach*.

E.1 Operações com aeronaves mais modernas.

As substituições das aeronaves NNC e Capítulo 2, mais ruidosas, por aeronaves Capítulo 3, com maior taxa de BY-PASS, representam a mais eficiente medida de controle do ruído, uma vez que é reduzido na fonte. No Brasil, as aeronaves civis NNC são proibidas de operar e as aeronaves Capítulo 2 estão em processo de substituição, mas é importante ressaltar o atraso da legislação brasileira em relação à de países europeus onde a proibição das aeronaves Capítulo 2 já é uma realidade.

E.2 Restrições à operação de aeroportos.

A restrição quanto ao horário de funcionamento de aeroportos é adotada quando o aeroporto em questão se encontra em área densamente povoada e seu funcionamento é de extrema importância à cidade. Como exemplo, pode-se citar o Aeroporto de Congonhas, em São Paulo, no qual não há operações de aeronaves em quase todo o período noturno entre as 23:00h às 6:00h.

E.3 Planejamento e gestão do uso do solo.

Sobre as medidas de ordenamento e gestão uso do solo, um modo eficiente de reduzir o efeito do ruído nas pessoas que vivem próximo dos aeroportos é planejando e gerenciando o uso do solo ao redor destes. Tanto o número de pessoas como as suas atividades são fatores importantes a serem considerados. Em geral, escolas, hospitais, as instituições religiosas e as bibliotecas são usos do solo considerados incompatíveis com atividades aeronáuticas e por isso devem ser evitadas nas proximidades dos aeroportos.

E.4 Procedimentos operacionais.

Trajetórias com incômodo mínimo – escolha de trajetórias, pouso ou decolagem sob as quais não há áreas habitadas. Em aeroportos totalmente envolvidos pela malha urbana este procedimento é difícil ser aplicado, sendo necessário escolher o benefício da área de maior densidade populacional em detrimento da área menos habitada.

Aproximação contínua – ao invés da aeronave sobrevoar um longo trecho em deslocamento horizontal, próxima à cidade, faz-se com que o procedimento de aproximação seja em deslocamento inclinado, distanciando-a da cidade.

Apêndice F

Isolamento Acústico

F.1 Isolamento acústico das fachadas como sugestão de medidas de mitigação de ruído nos receptores críticos selecionados.

F.1.1 Nível de pressão sonora e frequência.

O nível de pressão sonora, ou intensidade sonora, é medido através de uma escala logarítmica, expressa em decibéis (dB). Mas, em se tratando de isolamento acústico, conhecer as frequências do ruído é tão importante quanto saber sua intensidade sonora. A frequência é expressa em Hertz (número de vibrações por segundo).

O Hertz (Hz) é a unidade de medida da frequência do som, ou seja, se ele é grave ou agudo. Quanto mais grave, menor a frequência; quanto mais agudo, maior. O som agudo é o som que mais estressa o ouvido humano, quando este é submetido a ele por um longo período, sem interrupções, e para medi-lo usa-se o frequencímetro.

O isolamento acústico diminui quando as frequências passam de altas para baixas, isto procede até uma determinada frequência — frequência limite. As frequências baixas merecem especial atenção, pois construções tradicionais não oferecem boas condições de isolamento para elas.

O som de uma via de circulação rápida ou do motor de um avião não tem o mesmo espectro que ruídos do motor de um ônibus, caminhão ou do tráfego urbano lento.

A determinação pode ser feita nas faixas de 1/3 de [ou terças de] oitavas de 100 Hz até 5000 Hz, inclusive. Com base nesses dados relativos às frequências, calculam-se os seguintes valores numéricos para o isolamento acústico:

- ✓ Coeficiente $D_{n,c,w}$: medidas obtidas em laboratório, conforme parâmetros fornecidos pela norma ISO 140-9⁴³.
- ✓ Coeficiente $R_{L,w}$: medidas obtidas na prática, conforme parâmetros medidos em campo. O índice “w” mostra os valores em cada banda de frequência foram processados por meio de uma curva de ponderação para determinar um único número, conforme a norma ISO 717.

TABELA 7.1 – Desempenho acústico de alguns isolantes acústicos.

Material / Sistema	R_w (dBA)
Porta lisa com núcleo oco, massa superficial de 9 kg/m ² , sem nenhum tratamento nos encontros com o batente.	18**
Porta maciça com massa superficial de 60 kg/m ² , com tratamento acústico nos encontros com o batente.	28**
Janela de alumínio de correr, duas folhas, vidro de 4 mm (L = 1200, h = 1200 mm).	20
Janela de alumínio de correr, uma folha com vidro de 4 mm e duas folhas venezianas (L = 1200, h = 1200 mm).	19
Janela de alumínio de correr, integrada*, duas folhas com vidro de 4 mm (L = 1200, h = 1200 mm).	26
Janela de alumínio de correr, duas folhas, vidro de 3 mm (L = 1200, h = 1200 mm), linha comercial.	23
Janela de alumínio de correr, uma folha com vidro de 3 mm e duas folhas venezianas (L = 1200, h = 1200 mm), linha comercial.	16
Janela de alumínio Maxim-ar, linha comercial, 800 x 800 mm, vidro com espessura de 4 mm.	27
Janela de aço Maxim-ar, linha comercial, 800 x 800 mm, vidro com espessura de 4 mm.	24
Janela de aço de correr, uma folha com vidro de 4 mm e duas folhas venezianas (L = 1200, h = 1200 mm), linha comercial.	15
Janela de aço de correr, quatro folhas de vidro de 4 mm, linha comercial.	16
Janela de alumínio de abrir, vidro duplo espessuras de 6 mm e 4 mm, câmara de ar de 10 mm entre as placas de vidro.	30**
Janela de alumínio de abrir, vidro duplo espessuras de 8 mm e 6 mm, câmara de ar de 12 mm entre as placas de vidro.	36**

Fonte: Universidade de Coimbra (2013)

(*) janela constituída por folhas guarnecidas com vidro, integrada com uma persiana para controle do sombreamento.

(**) Valores indicados pela Universidade de Coimbra.

⁴³Norma que trata das medidas de isolamento acústico em edifícios e dos elementos de construção.

Na Tabela 7.1 pode-se observar a relação entre materiais ou sistemas utilizados para isolamento acústico e o seu desempenho acústico, com destaque para as janelas de alumínio de 6 a 8 mm de espessura com câmara de ar de 12 mm entre as placas de vidro.

F.1.2 Norma ABNT NBR 15575.

A exigência da NBR 15.575/13, após cinco anos de debates, estudos e melhorias, promovidos por entidades do setor e pela ABNT, representa um marco para toda a cadeia produtiva, principalmente para o usuário, que terá parâmetros de desempenho para escolher seu imóvel e, caso verifique problemas, constatar a responsabilidade de arquitetos, incorporadoras, construtores e fabricantes. A NBR 15.575 traz orientações e referências voltadas ao conforto térmico e acústico, proteção ao fogo, estanqueidade e ciclo de vida da edificação.

A norma NBR 15575 não fixa critérios de conforto acústico, como por exemplo, “a máxima intensidade sonora admitida para o repouso noturno”, o que é tratado na norma NBR 10152 – “Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações”. Também não compreende a forma de quantificar níveis de ruído externos à edificação, assunto pertinente à norma NBR 10151 – “Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações”.

Todavia, considerando ruídos externos com intensidade da ordem de 55 a 60dB(A), típicos de áreas residenciais ou pequenos centros comerciais, os valores estipulados para a isolação acústica foram pensados para repercutir em condições razoáveis de desempenho.

Para áreas com a presença de importantes fontes de ruído (rodovias, aeroportos etc), a norma estabelece que devam ser realizados levantamentos no local e estudos específicos de tratamento acústico.

A norma é abrangente, mas referindo-se ao desempenho acústico propõe mudanças bastante significativas, trazendo mais qualidade de vida e conforto aos usuários. Os requisitos de acústica aparecem nas partes 1, 3, 4, 5 e 6 da NBR 15.575 e relacionam-se ao desempenho acústico mínimo de sistemas construtivos de pisos, vedações externas [sistemas de fachadas] e internas [paredes], além de coberturas.

Esta norma visa oferecer maior qualidade e melhores parâmetros de desempenho para os novos empreendimentos. Quanto aos antigos, como é o caso dos receptores críticos situados dentro da área de risco dos aeroportos, o que restam para eles é praticar medidas de mitigação, como o isolamento acústico, que serão vistas a seguir.

F.1.3 Isolamento acústico dos receptores críticos.

Ao se analisar a acústica das salas, a audibilidade e a absorção sonora, esta última é a propriedade mais frequentemente avaliada. No entanto, todas as salas estão sujeitas as fontes de ruído externas, por exemplo, sons de salas vizinhas ou do piso de cima: maquinário do prédio; e ruídos de tráfego rodoviário e de aviões que atravessam a estrutura do prédio. Esses ruídos provocam perturbação se não forem adequadamente controlados.

O isolamento efetivo entre duas áreas, das influências de sons perturbadores chama-se isolamento acústico. Diferentemente da absorção sonora, na qual o material presente nas salas contribui para a inteligibilidade da fala, o isolamento acústico depende de todos os elementos da sala: forros, pisos e paredes externas. Um único ponto fraco na estrutura afetará o desempenho da redução acústica.

O isolamento acústico é o meio mais indicado para que o ruído interno dos ambientes de fachadas submetidas à poluição sonora externa não ultrapasse limites de desconforto para os usuários dos imóveis. Esse isolamento pode consistir no reforço da parede (aumento da massa ou aplicação de painéis ou paredes duplas) e, principalmente, colocação de janelas de alta qualidade acústica, com vidro duplo (no mínimo) e com caixilho bem ajustado que promova estanqueidade sonora.



FIGURA F.1 - Janela em vidro duplo laminado. **FONTE:** Folha Imagem.

A frequência de ressonância diminui com o aumento da espessura dos vidros e o tamanho da câmara de ar que os separa. O vidro duplo ou insulado é ideal para isolamento termoacústico.



FIGURA F.2 - Aplicação de Isolante Acústico. **FONTE:** engenhariacivil.com.

As intervenções para promover o conforto acústico no Brasil, em geral, são raras e, por isso possuem um custo mais elevado. Talvez porque a preocupação com o

conforto auditivo é entendida como um requinte, próprio de edifícios ou residências de luxo (BÁRING, 1988), mas grande parte dessa realidade é devido a vícios culturais que se confundem a obstáculos econômicos e arquitetônicos, que aos poucos estão se extinguindo, dando lugar a uma mentalidade mais consciente, na qual custos e benefícios devem ser ajustados.

F.1.3.1 Ruído externo

As fachadas cegas, isto é, sem portas nem janelas, é outra boa opção para não deixar entrar o barulho externo, pois o concreto é um forte bloqueador sonoro, ao contrário de portas e janelas. Em áreas próximas a aeroportos, por exemplo, uma providência importante é ter uma laje no telhado, o que irá reter mais o som, principalmente se aliada a forros isolantes. Mas não basta um forro mais espesso: ele precisará ser suspenso elasticamente, com o auxílio, por exemplo, de um forro de madeira tipo macho-e-fêmea, apresentando buracos para absorver o som.

Internamente pode-se utilizar o revestimento termoacústico que reveste as paredes e o teto da residência, que reduz em muito o barulho externo, tanto de aviões, que é muito alto, bem como de tráfego e outros, próprios da convivência humana, que até então atingem todo o ambiente.

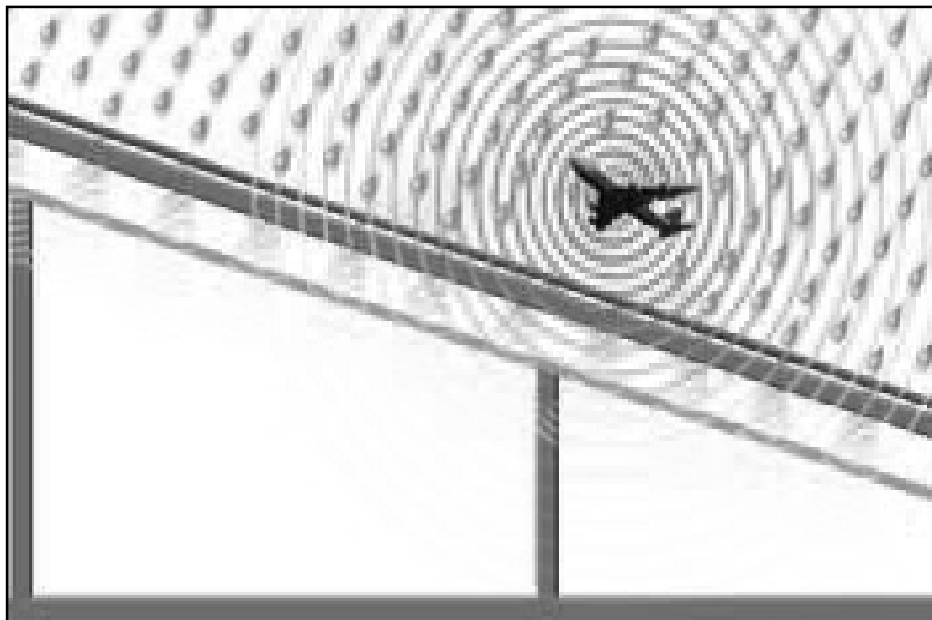
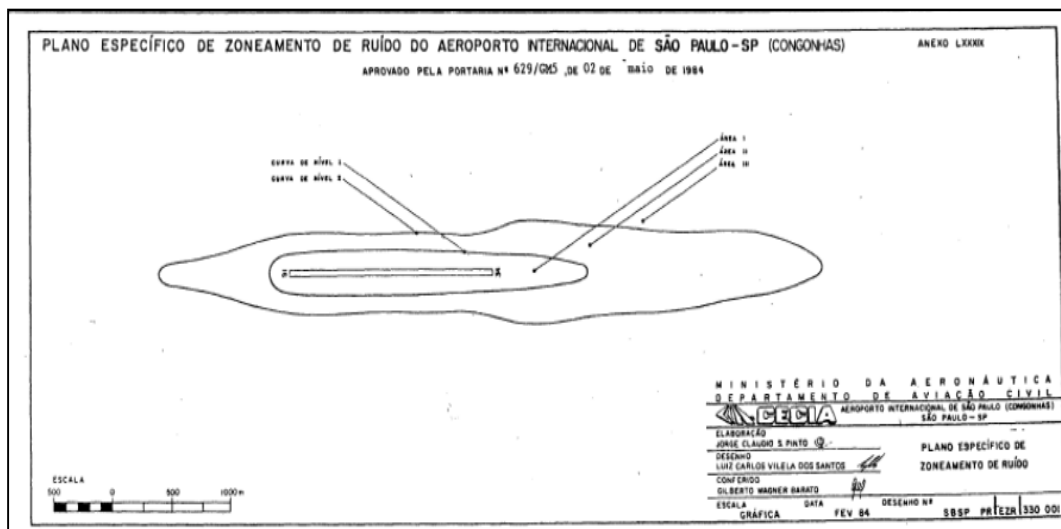


FIGURA F.3 - Ilustração do ruído de um avião impactando sobre um prédio em um dia chuvoso.
FONTE: AMF.

Anexo A

Anexo LXXXIX À Portaria 629/GM5



Anexo B

RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, de 8 de março de 1990

Publicada no DOU nº 63, de 2 de abril de 1990, Seção 1, página 6408

Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o Inciso I, do § 2o, do art. 8o do seu Regimento Interno, o art. 10 da Lei nº 7.804, de 15 de julho de 1989 e Considerando que os problemas dos níveis excessivos de ruído estão incluídos entre os sujeitos ao Controle da Poluição de Meio Ambiente;

Considerando que a deterioração da qualidade de vida, causada pela poluição, está sendo continuamente agravada nos grandes centros urbanos;

Considerando que os critérios e padrões deverão ser abrangentes e de forma a permitir fácil aplicação em todo o Território Nacional, resolve:

I - A emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, obedecerá, no interesse da saúde, do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Resolução.

II - São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para os fins do item anterior, os ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela Norma NBR-10.151 (1) – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

III - Na execução dos projetos de construção ou de reformas de edificações para atividades heterogêneas, o nível de som produzido por uma delas não poderá ultrapassar os níveis estabelecidos pela NBR-10.152 – Níveis de Ruído para conforto acústico (2), da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

IV - A emissão de ruídos produzidos por veículos automotores e os produzidos no interior dos ambientes de trabalho obedecerão às normas expedidas, respectivamente,

pelo Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN e pelo órgão competente do Ministério do Trabalho.

V - As entidades e órgãos públicos (federais, estaduais e municipais) competentes, no uso do respectivo poder de polícia, disporão de acordo com o estabelecido nesta Resolução, sobre a emissão ou proibição da emissão de ruídos produzidos por qualquer meio ou de qualquer espécie, considerando sempre os locais, horários e a natureza das atividades emissoras, com vistas a compatibilizar o exercício das atividades com a preservação da saúde e do sossego público.

VI - Para os efeitos desta Resolução, as medições deverão ser efetuadas de acordo com a NBR-10.151 -Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas visando o conforto da comunidade, da ABNT.

VII - Todas as normas reguladoras da poluição sonora, emitidas a partir da presente data, deverão ser compatibilizadas com a presente Resolução.

VIII - Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

FERNANDO CÉSAR DE MOREIRA MESQUITA - Presidente do Conselho em Exercício

JOSÉ CARLOS CARVALHO - Secretário-Executivo em Exercício

Este texto não substitui o publicado no DOU, de 2 de abril de 1990.

(1) Retificado no DOU, de 16 de agosto de 1990, pág. 15520.

(2) Retificado no DOU, de 16 de agosto de 1990, pág. 15520.

Anexo C

RESOLUÇÃO CONAMA nº 2, de 8 de março de 1990

Publicada no DOU nº 63, de 2 de abril de 1990, Seção 1, página 6408

Dispõe sobre o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora – <SILÊNCIO>.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o inciso I, do § 2o, do art. 8o do seu Regimento Interno e inciso I, do art.8o, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, e Considerando que os problemas de poluição sonora agravam-se ao longo do tempo, nas áreas urbanas, e que som em excesso é uma séria ameaça à saúde, ao bem-estar público e à qualidade de vida;

Considerando que o homem cada vez mais vem sendo submetido a condições sonoras agressivas no seu Meio Ambiente, e que este tem o direito garantido de conforto ambiental;

Considerando que o crescimento demográfico descontrolado, ocorrido nos centros urbanos, acarreta uma concentração de diversos tipos de fontes de poluição sonora;

Considerando que é fundamental o estabelecimento de normas, métodos e ações para controlar o ruído excessivo que possa interferir na saúde e bem-estar da população, resolve:

Art. 1o Instituir em caráter nacional o Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora -SILÊNCIO com os objetivos de:

- a) Promover cursos técnicos para capacitar pessoal e controlar os problemas de poluição sonora nos órgãos de meio ambiente estaduais e municipais em todo o país;
- b) Divulgar junto à população, através dos meios de comunicação disponíveis, matéria educativa e conscientizadora dos efeitos prejudiciais causados pelo excesso de ruído.
- c) Introduzir o tema “poluição sonora” nos cursos secundários da rede oficial e privada de ensino, através de um Programa de Educação Nacional;
- d) Incentivar a fabricação e uso de máquinas, motores, equipamentos e dispositivos com menor intensidade de ruído quando de sua utilização na indústria, veículos em geral, construção civil, utilidades domésticas, etc.

e) Incentivar a capacitação de recursos humanos e apoio técnico e logístico dentro da polícia civil e militar para receber denúncias e tomar providências de combate para receber denúncias e tomar providências de combate à poluição sonora urbana em todo o Território Nacional;

f) Estabelecer convênios, contratos e atividades afins com órgãos e entidades que, direta ou indiretamente, possa contribuir para o desenvolvimento do Programa SILÊNCIO.

Art. 2º O Programa SILÊNCIO será coordenado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA e deverá contar com a participação de Ministérios do Poder Executivo, órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e demais entidades interessadas.

Art. 3º Disposições Gerais:

- Compete ao IBAMA a coordenação do Programa SILÊNCIO;
- Compete aos estados e municípios o estabelecimento e implementação dos programas estaduais de educação e controle da poluição sonora, em conformidade com o estabelecido no Programa SILÊNCIO;
- Compete aos estados e municípios a definição das sub-regiões e áreas de implementação previstas no Programa SILÊNCIO;
- Sempre que necessário, os limites máximos de emissão poderão ter valores mais rígidos fixados a nível estadual e municipal.
- Em qualquer tempo este Programa estará sujeito a revisão, tendo em vista a necessidade de atendimento a qualidade ambiental

Art. 4º Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

FERNANDO CÉSAR DE MOREIRA MESQUITA - Presidente do Conselho em Exercício

JOSÉ CARLOS CARVALHO - Secretário-Executivo em Exercício

Este texto não substitui o publicado no DOU, de 2 de abril de 1990.

Anexo D

Anexo I À Portaria 232/DGAC

