

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Antonio Giovanelli Neto

**ANÁLISE DO RUÍDO AERONÁUTICO NO
ENTORNO DO AEROPORTO DE SÃO JOSÉ DOS
CAMPOS**

Taubaté - SP
2010

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Antonio Giovanelli Neto

**ANÁLISE DO RUÍDO AERONÁUTICO NO
ENTORNO DO AEROPORTO DE SÃO JOSÉ DOS
CAMPOS**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de
Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Ciências Ambientais
Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Querido

Taubaté – SP
2010

G512a Giovanelli Neto, Antonio
Análise do ruído aeronáutico no entorno do aeroporto de São José dos Campos / Antonio Giovanelli Neto. - 2010.
106 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Taubaté, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, 2010.
Orientação: Prof. Dr. José Geraldo Querido.

1. Aeroporto. 2. Ambiental. 3. Curva isofônica. 4. Plano de zoneamento. 5. Ruído. I. Título.

ANTONIO GIOVANELLI NETO

**ANÁLISE DO RUÍDO AERONÁUTICO NO ENTORNO DO
AEROPORTO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Ciências Ambientais
Orientador: Prof. Dr. José Geraldo Querido

Dissertação aprovada em 06 de abril de 2010.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Geraldo Querido

Universidade de Taubaté-UNITAU

Prof. Dr. Márcio Joaquim Estefano de Oliveira

Universidade de Taubaté-UNITAU

Prof. Dr. Sylvio Reynaldo Bistafa

Universidade de São Paulo-USP

Prof. Dr. José Geraldo Querido
Orientador

AGRADECIMENTOS

Devido à complexidade e abrangência, este Trabalho não seria possível sem a participação de diversos colaboradores, portanto, agradeço de coração aos colaboradores:

Engenheiros Micael Gianini Valle do Carmo e Vinícius Gouveia da EMBRAER e Eng. Henrique Agrelli da Empresa 01 dB, pelo auxílio na utilização do Programa INM.

Capitão Eduardo Silvério de Oliveira, Tenente João Manuel Franco e Suboficial Juvenal Alves Neto, pertencentes ao Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de São José dos Campos pela compilação das informações de tráfego aéreo.

Sargento Ricardo Moutinho Macedo do Serviço Regional de Proteção ao Vôo de São Paulo (SRPV-SP), pelas informações de climatologia.

Arquiteta Elaine Azevedo da Empresa Dumont Engenharia, pela elaboração de desenhos e resolução das imagens.

Erika Wippich pela difícil e importante revisão geral do texto.

Agradeço aos dedicados Professores da Pós-Graduação pela obtenção de novos conhecimentos na área ambiental.

Agradeço também ao meu Orientador, Prof. Dr. José Geraldo Querido pela forma serena e inteligente de conduzir a pesquisa.

Finalmente, gostaria muito de registrar o meu agradecimento a minha esposa Cristina não só pela colaboração no trabalho de diagramação e computação em geral, mas pelo incentivo e inspiração para realização desta pesquisa.

Muito Obrigado!

RESUMO

TÍTULO: ANÁLISE DO RUÍDO AERONÁUTICO NO ENTORNO DO AEROPORTO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

A pesquisa tem por finalidade, analisar a extensão do impacto sonoro produzido pelas operações de aeronaves no Aeroporto de São José dos Campos e avaliar o conforto acústico da população localizada na sua área de influência. Este trabalho estabeleceu como objetivo geral verificar se o nível de ruído produzido pelo tráfego aéreo atual está de acordo com os níveis estabelecidos pelo Ministério da Aeronáutica e identificar o grau de incômodo sonoro e a percepção atual da população com relação ao impacto sonoro. Foi admitida a hipótese de que as curvas isofônicas, passados 25 anos, se encontrassem subdimensionadas. A metodologia empregada para calcular o nível de ruído aeronáutico foi baseada principalmente na modelagem de curvas isofônicas, utilizando o programa computacional Integrated Noise Model (INM) versão 7.0, elaborado pela Federal Aviation Administration. Foram utilizadas como informações de entrada os dados de tráfego aéreo e informações meteorológicas de 2008, fornecidos pelo Comando de Aeronáutica. Como ferramenta auxiliar foi feita uma pesquisa de campo, através da aplicação de um questionário para avaliar a percepção da população quanto ao nível de incômodo sonoro. Ficou demonstrado que as curvas isofônicas estabelecidas em 1984, pela Aeronáutica, abrangem áreas maiores, para o mesmo nível de ruído, do que as calculadas na modelagem para o tráfego aéreo atual. O resultado da pesquisa também mostrou que o ruído emitido pelas aeronaves faz parte da rotina dos moradores nas áreas pesquisadas. A conclusão é de que o Plano de Zoneamento de Ruído do Aeroporto de São José dos Campos necessita de uma atualização quanto aos limites dos níveis de ruído para atender o nível de conforto sonoro da população.

Palavras-chave: Aeroporto. Ambiental. Curva Isofônica. Plano de Zoneamento. Ruído

ABSTRACT

TITLE: AIRCRAFT NOISE ANALYSES IN THE VICINITY OF SÃO JOSÉ DOS CAMPOS AIRPORT

The aim of this research is to analyze the extension of sound impact that is produced by the airplanes at São José dos Campos Airport and to evaluate the population acoustic comfort set in this influenced area. This work set as general objective to verify if sound level produced by current air traffic is due to the established levels of Aeronautics Department and to identify the level of sound disturbance and the population perception related to sound impact. There's been admitted the hypothesis that the noise contours were undersized past 25 years. The methodology used to calculate the aeronautics sound level was based mainly at the noise contours, using a computer program – Integrated Noise Model (INM), version 7.0 – elaborated by Federal Aviation Administration. There's been used, as entrance information, air traffic data and meteorological information of year 2008, given by Brazilian Air Force Command. As an auxiliary tool, there's been done field research, using questionnaire application to evaluate the population perception of the sound disturbance level. There's been shown that noise contours established in 1984 by Air Force included larger areas to the same level sound than to those calculated at the modeling for current air traffic. The result of the research also showed that the noise sent out by the airplane is part of the neighborhood routine of the researched areas. The conclusion is that the Noise Zoning Plan of São José dos Campos Airport needs to be actualized due to the limits of the noise levels to attend a comfortable sound level to the population.

Keywords: Airport. Environmental. Zoning Plan. Noise. Noise Contour.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Frequência central e seus limites.....	21
Tabela 2 - Valor do IPR e Reação da Comunidade.....	28
Tabela 3 - Aeroportos com maior movimento de passageiros	32
Tabela 4 - Movimento de passageiros e aeronaves dos principais aeroportos no Brasil.....	32
Tabela 5 - Movimento de aeronaves e passageiros em 2003 e 2006.....	33
Tabela 6 - Métricas aeronáuticas mais utilizadas	45
Tabela 7 - Parâmetros relacionados a Categoria de Pista.....	63
Tabela 8 - Parâmetros para elaboração de Curvas Básicas	63
Tabela 9 - Dados principais do tráfego aéreo do aeroporto (2008).....	74
Tabela 10 - “Mix” de aeronaves que operam no aeroporto.....	75
Tabela 11 - Dados de Climatologia (2008)	75
Tabela 12 - Relação de aeronaves inseridas no INM	76
Tabela 13 - Número de pessoas residentes por bairro	79
Tabela 14 - Idade dos entrevistados	83
Tabela 15 - Sexo dos entrevistados	83
Tabela 16 - Tempo de moradia dos entrevistados	83
Tabela 17 - Local de moradia dos entrevistados	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curvas de mesmo nível de audibilidade	24
Figura 2 - Comparação entre pressão sonora e nível de pressão sonora	25
Figura 3 - Contribuição típica dos componentes de uma turbina	29
Figura 4 - Distribuição do ruído	29
Figura 5 - Exemplo da métrica L _{Amax}	36
Figura 6 - Exemplo da métrica L _{Ax} (SEL)	37
Figura 7 - Exemplo da métrica L _{eq}	38
Figura 8 - Relação entre WECPNL e L _{dn}	44
Figura 9 - Redução do ruído pelas aeronaves	46
Figura 10 - Curvas de Ruído do Aeroporto de Porto Alegre	47
Figura 11 - Número de aeroportos por tipo de restrição	50
Figura 12 - Curva original de Schultz (1978)	53
Figura 13 - Curvas relacionando L _{dn} e percentagem de pessoas irritadas	54
Figura 14 - Relação entre Nível de exposição e percentagem de despertares	55
Figura 15 - Número de reclamações durante o ano	57
Figura 16 - Nível de Redução de Ruído	61
Figura 17 - Comparação entre as áreas afetadas	61
Figura 18 - Curvas de Nível de Ruído e respectivas Áreas	62
Figura 19 - Curvas de Nível de Ruído do Aeroporto de São José dos Campos	64
Figura 20 - Planta de situação do Aeroporto	66
Figura 21 - Plano de Zoneamento de Ruído de São José dos Campos	67
Figura 22 - Movimento mensal de aeronaves no aeroporto em 2008	67
Figura 23 - Área patrimonial do aeroporto	68
Figura 24 - Rampa típica de descida do ILS (3°)	69
Figura 25 - Delimitação da Área 3 da pesquisa	78
Figura 26 - Região de acordo com a localização	80
Figura 27 - Curvas isofônicas calculadas em L _{dn} pelo INM	82
Figura 28 - Tipo de ruído que chama mais a atenção	84
Figura 29 - Tipo de ruído que mais incomoda	84
Figura 30 - Período do dia em relação ao tráfego aéreo	85
Figura 31 - Grau de incômodo em relação ao tráfego aéreo	85
Figura 32 - O que mais incomoda em relação ao tráfego aéreo	86
Figura 33 - Aumento do ruído devido ao tráfego aéreo	86
Figura 34 - Tipo de aeronave que chama mais a atenção	87
Figura 35 - Tipo de transtorno causado	87
Figura 36 - Comparação entre as curvas isofônicas (Valores em IPR)	89
Figura 37 - Comparação entre métricas L _{Max} e L _{dn}	91
Figura 38 - Comparação de nível de ruído entre aeronave civil e militar	92
Figura 39 - Grau de incômodo em relação à Região de moradia	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	-	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEF	-	Australian Noise Exposure Forecast
CNEL	-	Community Noise Equivalent Level
CNR	-	Composite Noise Rating
dB(A)	-	Decibel ponderado na curva A
DCTA	-	Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial
ECAC	-	European Civil Aviation Conference
EMBRAER	-	Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A.
EPA	-	Environmental Protection Agency
EPNL	-	Effective Perceived Noise Level
FAA	-	Federal Aviation Administration
FICAN	-	Federal Interagency Committee on Aviation Noise
FICON	-	Federal Interagency Committee on Noise
ICAO	-	International Civil Aviation Organization
ILS	-	Instrument Landing System
INFRAERO	-	Empresa de Infra-estrutura Aeroportuária
INM	-	Integrated Noise Model
IPR	-	Índice Ponderado de Ruído
LAMAX	-	Maximum A-weighted Sound Level
LAX	-	Nível de Exposição ao ruído de um único evento
Ldn	-	Day-Night Sound Level
Leq	-	Equivalent Sound Level
NAPS	-	Noise Abatement Procedures
NBR	-	Normas Brasileiras de Regulamentação
NEF	-	Noise Exposure Forecast
NIS	-	Nível de Intensidade Sonora
NPS	-	Sound Pressure Level
PNL	-	Perceived Noise Level
SAE	-	Society of Automotive Engineers
SANCTE	-	Swiss Aircraft Noise Calculation Test Environmental
SEL	-	Sound Exposure Level
SIL	-	Sound Intensity Level
WECPNL	-	Weight Equivalent Continuous Perceived Noise Level
WHO	-	World Health Organization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Apresentação do Tema	10
1.2 Definição do Problema e Justificativa	16
1.3 Objetivos	18
1.4 Hipóteses	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 Considerações sobre Acústica	19
2.2 Ruído Aeronáutico	28
2.3 Crescimento do Tráfego Aéreo	31
2.4 Métricas	33
2.5 Redução do ruído aeroportuário	45
2.5.1 Redução do ruído na fonte	46
2.5.2 Planejamento e uso do solo	47
2.5.3 Procedimentos operacionais de redução de ruído	47
2.5.4 Restrições operacionais	48
2.5.5 Restrições gerais	49
2.6 Programa de Modelagem de Ruído	50
2.7 Incômodo nas Comunidades	52
2.8 Normas e Legislação	60
3 AEROPORTO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	65
4 MATERIAIS E MÉTODOS	70
4.1 Programa INM	70
4.2 Pesquisa de Campo	77
5 RESULTADOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO	82
5.1 Resultados	82
5.2 Análise e Discussão	88
6 CONCLUSÃO	95
7 RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES	97
REFERÊNCIAS	98
ANEXO A - Questionário Aplicado	105

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

O crescente aumento do tráfego aéreo vivenciado atualmente vem agravando os impactos ambientais gerados pelas atividades aeroportuárias. A frota mundial consiste em mais de 15.000 aeronaves civis operando em aproximadamente 10.000 aeroportos (JANIC 2000). Segundo Souza (2008), este agravamento está relacionado, principalmente, aos efeitos do ruído aeronáutico, ao volume de resíduos aeroportuários gerados, ao aumento da demanda de água e energia e ao perigo das operações aéreas. Conforme Ignaccolo (2000), a poluição sonora nos aeroportos é o mais relevante e complexo problema ambiental, merecendo, no entanto, mais atenção, o ruído proveniente das operações de pouso e decolagem. O ruído aeronáutico é considerado o mais importante, porque afeta diretamente a qualidade de vida da população que reside no entorno do aeroporto.

Por outro lado, Hume et al (2002) constataram que no Aeroporto de Manchester na Inglaterra, entre 1991 e 1998, apesar do tráfego aéreo ter aumentado, a taxa de reclamações para cada mil operações caiu de 50 para 13. Esta diminuição está relacionada, principalmente, à diminuição do nível de ruído produzido individualmente por modernas aeronaves mais silenciosas.

Evidentemente, o problema não é recente, tanto que, na década de 1950, com o início da operação de aeronaves militares à jato, comunidades já se organizavam fazendo vigorosas reclamações, forçando organizações em todo o mundo a iniciarem estudos na tentativa de encontrar soluções concretas e eficazes para reduzir os impactos gerados pelo ruído. Entretanto, no início da era do transporte aéreo comercial, ocorreu que o planejamento urbano dos aeroportos ficava para um plano inferior, pois o som emitido pelas aeronaves estava

relacionado diretamente ao progresso tecnológico e indicava a influência de toda uma nação neste sistema de transporte.

Com o decorrer do tempo e o aumento do tráfego, a novidade foi passando e o ruído foi cada vez mais chamando a atenção. Neste período surgiram as primeiras pesquisas concentradas, principalmente, em como determinar o nível de ruído nos aeroportos, analisar o comportamento dos indivíduos para os diversos níveis de exposição e identificar a compatibilidade entre os possíveis usos do solo nas vizinhanças para regularizar o planejamento urbano (STEVENS, 1956; ZWICKER, 1957; KRYTER, 1959; KRYTER & PEARSONS, 1963; BISHOP, 1966). No que se refere à medição do ruído de uma aeronave num vôo isolado, existe uma normatização internacional, que é inclusive empregada para a sua homologação. Entretanto, quanto à avaliação do nível de incômodo na população, ainda não existe um consenso.

Com o crescimento do tráfego de aeronaves civis nos grandes aeroportos, diversos países promoveram diferentes pesquisas para buscar soluções para as comunidades expostas ao nível elevado de sonorização. O grande marco foi quando Schultz (1978) resumiu vários estudos de casos de ruído em comunidades, por meio de um gráfico de reação comunitária em função do nível de ruído e propôs o conceito de “altamente incomodado”, correspondendo entre 27 a 29% o número de pessoas expostas ao ruído ambiente. Mais de uma década depois, Fidell e Barber (1991) atualizaram as curvas propostas por Schultz, mas houve diversas discussões sobre a metodologia. Finalmente, Finegold et al (1994) conseguiram um consenso internacional quando recomendaram a utilização de três grandes curvas, uma para cada tipo de transporte. Mais tarde, Miedema e Vos (1998) também fizeram uma nova análise de 45 diferentes pesquisas e propuseram diferentes curvas de reações de incômodo para diferentes fontes de ruído.

Tanto a segurança de vôo como o ruído das aeronaves já eram preocupações durante a constituição da International Civil Aviation Organization (ICAO). Esta preocupação aumentou com a introdução da primeira geração de jatos comerciais no início dos anos 1960 e com o acelerado aumento do tráfego de aeronaves nas operações internacionais. Esta organização internacional, constituída com a responsabilidade de guiar o desenvolvimento seguro e ordenado da aviação civil internacional, adotou uma resolução para proteção ambiental, denominado ANEXO 16 (1971). Este anexo tem como principais aspectos, adotar procedimentos para descrever e medir o ruído dos aviões, quantificar a tolerância humana quanto ao ruído, definir parâmetros para certificação de aeronaves menos ruidosas e elaborar normas para controlar e ordenar o uso do solo.

Este ANEXO 16 foi adotado pela maioria dos países membros e, até a década de 90, houve um relacionamento harmonioso entre a maioria dos aeroportos e sua vizinhança. No entanto, com o crescimento vertiginoso do tráfego aéreo internacional, aliado a um nível de informação e conscientização da população e com dificuldade de implementação de um ordenamento do território, as comunidades adquiriram um poder de mobilização maior e houve o reinício das pressões para restrição das operações aeroportuárias.

Desta forma, a ICAO (2004) adotou a Resolução A 33/7, que define o conceito de “abordagem equilibrada” da gestão do ruído, estabelecendo assim um método aplicável ao problema das emissões sonoras de aeronaves. O conceito de abordagem equilibrada trata de quatro itens: redução na fonte do ruído gerado pelas aeronaves; procedimentos operacionais para reduzir o ruído emitido, restrições quanto ao número e período das operações aéreas e medidas de ordenamento e gestão do território.

O item referente à redução na fonte foi sem dúvida o que teve maior sucesso. Se compararmos a tecnologia das ruidosas turbinas da década de 60, que equipavam o Boeing 707, com as atuais do Airbus A-320, pode-se verificar um enorme progresso. Procedimentos

operacionais tais como: aumentar a razão de subida nas decolagens e traçar rotas de aproximação para áreas menos populosas, tem aliviado muito pouco o problema. Restrições quanto às operações noturnas já são utilizadas em muitos países como Japão, Estados Unidos e vários outros localizados na Europa. No Brasil esta restrição está sendo adotada apenas no Aeroporto de Congonhas, no período compreendido entre 23 h e 6 h do dia seguinte. Quanto ao item ordenamento e uso do solo, o tema é mais complexo, porque depende de várias legislações ambientais e aeronáuticas, gerando diversas dificuldades técnicas e administrativas para sua implementação pelos municípios.

O Parlamento Europeu considera que a melhor forma de diminuir o nível de ruído nos aeroportos seria uma combinação de fatores, tais como: implantação de um regime de tarifação eficiente quanto ao ruído; proporcionar um regime efetivo de faixas horárias que leve em consideração critérios ambientais, como por exemplo, o nível sonoro noturno; medidas eficazes para aliviar o congestionamento em aeroportos mais importantes, incluindo uma melhor distribuição do tráfego aéreo entre os aeroportos; incentivos a maior utilização de serviços ferroviários de alta velocidade para percursos menores e restrições aos vôos noturnos.

Numa visão menos ambientalista e mais voltada para o lado da política econômica, Brueckner e Girvin (2008) comentam que, apesar da imensa redução do nível de ruído emitido por uma aeronave individual, os aeroportos permanecem críticos em relação às políticas públicas, principalmente devido à expectativa do aumento do tráfego aéreo para as próximas décadas. Argumentam que as regulamentações específicas como redução de vôos, restrição de horários e sobretaxas vem penalizando tanto as companhias aéreas como os passageiros, principalmente no que se refere a custos adicionais e perda da qualidade dos serviços.

Até pouco tempo atrás, o conceito de capacidade de um aeroporto estava relacionado a aspectos físicos, como número limite de operações das pistas, quantidade do número de passageiros atendidos pelo terminal e o número de aeronaves que podem estacionar no pátio de estacionamentos. Além dos motivos convencionais, atualmente podemos acrescentar mais um fator limitante que é o fator ambiental. Graham e Guyer (1999) afirmam que as capacidades dos aeroportos estarão cada vez mais ligadas às restrições ambientais. Dentre as questões que afetam a capacidade ambiental de um aeroporto, Upham et al (2003) enumeraram o ruído aeronáutico, qualidade do ar, risco a terceiros, biodiversidade e mudança climática global. Afirmam também que, provavelmente, as pressões ambientais sobre os aeroportos continuarão a crescer, restringindo sua capacidade e pela primeira vez na história, as restrições ambientais levarão o aeroporto a um limite, bem antes de existir uma limitação operacional. Gualandi et al (2006) citam o caso do Aeroporto de Amsterdã, que devido aos fatores ambientais limitou o número de operações ao ano para 360.000, sendo que a sua capacidade operacional comporta 650.000 movimentos anuais.

Um outro fator relacionado ao ruído aeronáutico é a perda de valor dos imóveis nas proximidades dos aeroportos. Eller (2000), pesquisando as transações de venda e de locações de imóveis residenciais situados em área exposta ao ruído das aeronaves no Aeroporto Internacional de São Paulo (Guarulhos), constatou que 95 % dos entrevistados admitiram uma perda no seu valor de mercado em comparação a outros imóveis de características semelhantes em outra localização. Mais da metade dos entrevistados responderam que estas perdas variavam de 11 a 30% do seu valor.

Vários problemas de saúde, com níveis razoáveis de seriedade foram relacionados à exposição ao ruído aeronáutico. Hiramatsu et al (2004) revelam os estudos feitos com moradores em áreas residenciais próximas à Base Aérea de Kadena no Japão. Os resultados indicam que a exposição ao ruído nos arredores da Base Aérea durante a Guerra do Vietnã, na

década de 1960 e 1970, foi prejudicial à audição e, provavelmente, foi a causa da perda de audição de algumas pessoas.

Outra pesquisa foi relacionada com os aspectos fisiológicos do “stress” causado pelo ruído. A relação entre a exposição ao ruído ambiental e as reações ao stress foram analisadas com base nas características fisiológicas do sistema auditivo. Rylander (2004) conclui que os ruídos ambientais têm potencialidade para induzir ao stress e seu nível depende de como o ruído é interpretado pelo sistema nervoso central. Seus estudos relacionam as reações do stress, como por exemplo, o aumento da pressão sanguínea, que pode ser resultado de uma exposição prolongada ao ruído.

É intuitivo que a implantação de uma infra-estrutura aeroportuária impõe sérias restrições ao uso do solo em sua área de influência (NUNES & SATTler, 2004), portanto, para cada categoria de aeroporto é elaborado um Plano de Zona de Proteção para limitar, principalmente nos cones de aproximação, as alturas das edificações externas e um Plano de Zoneamento de Ruído para proteger a população dos efeitos do ruído aeronáutico.

A instituição dos primeiros Planos de Zoneamento de Ruído dos aeroportos brasileiros foi efetivada no ano de 1981, pelo extinto Ministério da Aeronáutica. O objetivo principal destes Planos era delimitar as atividades que necessitam de maior silêncio (escolas, hospitais, residências) para setores mais distantes da pista de pouso e as demais atividades (agricultura, depósitos, comércio) para setores mais próximos. Infelizmente, os Planos foram instituídos tardiamente, tendo em vista que nesta época, a maioria dos aeroportos, já estava com o seu entorno totalmente comprometido pela densa ocupação. As principais capitais enfrentam atualmente enormes dificuldades para ajustar soluções adequadas para que a população e o aeroporto possam conviver sem grandes conflitos.

No Brasil, a Empresa de Infra-estrutura Aeroportuária (INFRAERO, 2008), empresa pública nacional que administra cerca de 67 aeroportos, incluindo desde os maiores, como

Guarulhos e Galeão, até os pequenos, como Tefé e Ponta Porã, com menos de dez operações diárias, vem promovendo vários estudos para atenuar o problema. A grande dificuldade é que a maioria (cerca de 80 %) ainda é deficitária, comprometendo assim a gestão dos recursos para os aeroportos mais importantes, que necessitam de constantes melhorias e ampliações em prol de toda a rede aeroportuária.

O Aeroporto de São José dos Campos administrado atualmente pela INFRAERO, foi aberto ao tráfego aéreo militar na década de 50, quando a cidade era bastante provinciana. Apesar das áreas críticas de ruído ficarem restritas quase que na sua totalidade no interior da área patrimonial do aeroporto, o adensamento da população e o aumento do tráfego aéreo vem gerando desconforto para a população.

1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

A avaliação do ruído produzido pela operação das aeronaves no entorno dos aeroportos depende de um grande número de fatores, tais como: tipos de aeronaves que operam, número de decolagens e pousos, condições gerais de operação, tipo de operação (diurna ou noturna), pista ou cabeceira utilizada, condições atmosféricas, topografia, e procedimentos operacionais. O efeito causado nos indivíduos é também muito subjetivo e está relacionado ao aspecto cultural, psicológico e sócio-econômico e podem causar severos incômodos.

Devido à necessidade de se controlar num curto espaço de tempo o adensamento no entorno dos aeroportos, em 1984, o Ministério da Aeronáutica elaborou de forma maciça os Planos de ordenamento do uso do solo do entorno dos principais aeroportos do Brasil. Tendo em vista a complexidade do tema e somado às dificuldades de orçamento e de pessoal especializado e também para simplificar todo o processo, estabeleceu critérios gerais para sua elaboração, evitando ao máximo, modelos sofisticados. Neste contexto ficou estabelecido que

os aeroportos de Categoria 1, definidos como sendo os utilizados por aeronaves de grande porte e alta densidade, localizados nas principais capitais estaduais, teriam planos específicos elaborados individualmente. Para as demais Categorias (CAT 2, 3, 4 e 5), seriam estabelecidos planos básicos, tendo como parâmetros principais somente o tamanho da aeronave e a densidade do tráfego, conforme o porte de cada aeródromo.

Desta forma, os Planos de Zoneamento de Ruído dos demais aeroportos públicos do país foram elaborados utilizando apenas quatro grupos de curvas isofônicas, que representam a união de pontos com o mesmo nível de ruído. A concepção deste tipo de curva surgiu nos Estados Unidos através de pesquisas para medir o nível de incômodo da população próxima à pista de pouso militar. No Brasil, foi adotado o Índice Ponderado de Ruído (IPR), baseado no nível de incômodo sonoro e nos efeitos subjetivos no homem, decorrentes do ruído produzido por um sobrevôo de uma aeronave. Os parâmetros utilizados tiveram como base os índices americanos.

No caso de São José dos Campos, foi estabelecido um Plano Específico de Zoneamento de Ruído (Ministério da Aeronáutica, 1984), cujas curvas isofônicas projetadas foram especiais e não se enquadra em nenhum dos grupos estabelecidos. Esta diferenciação se deve à peculiaridade do aeroporto, de possuir uma pista de pouso extensa (3.000 m) utilizada, principalmente, para teste e ensaios de aeronaves militares, sem no entanto, abrigar a operação da aviação comercial regular de grande porte, que gera um grande movimento.

Esta pesquisa tem por finalidade, analisar a extensão do impacto sonoro atual produzido pelas operações de aeronaves no Aeroporto e avaliar o nível de conforto acústico da população, localizada na sua área de influência. Tem como justificativa, a necessidade de se conhecer o resultado prático da política de ocupação do solo no seu entorno e verificar se o Plano Específico aprovado em 1984 vem atendendo ao conforto da população ou se necessita de uma revisão, após 25 anos de vigência.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é verificar se o nível de ruído produzido pelo tráfego aéreo atual está de acordo com os níveis estabelecidos pelas curvas isofônicas do Plano de Zoneamento de Ruído, instituído pelo Comando de Aeronáutica no ano de 1984, para o Aeroporto de São José dos Campos. Esta verificação será realizada comparando a extensão das curvas isofônicas calculadas para o tráfego atual às curvas estabelecidas pelo Plano de Zoneamento.

Outro objetivo é identificar o grau de incômodo e a percepção atual da população com relação ao impacto sonoro. Esta avaliação será feita através da análise dos resultados de uma pesquisa de campo para conhecer as reações das pessoas ao efeito do ruído aeronáutico.

1.4 HIPÓTESES

Tendo em vista que o Plano de Zoneamento de Ruído foi instituído no ano de 1984 para um número estimado de movimento de aeronaves, considerando que o nível de ruído está diretamente relacionado ao número de operações aéreas e que o aumento do tráfego aéreo nos últimos anos vem crescendo de modo vertiginoso, verifica-se que há possibilidade das curvas de ruído estarem sub-dimensionadas para o tráfego aéreo atual.

Outra hipótese é de que o adensamento das áreas urbanas no entorno do aeroporto, aliado a uma maior conscientização da população com relação aos aspectos ambientais, está propiciando transtornos nas atividades diárias desta população, resultando em diminuição da qualidade de vida.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE ACÚSTICA

Como todo fenômeno complexo, o som também recebe várias definições científicas. A física, de uma forma geral, define o som como uma perturbação que se propaga nos meios materiais detectada pelo ouvido humano (DE MARCO, 1982). De um modo mais específico, pode-se defini-lo com sendo um fenômeno vibratório resultante de variações de pressão no ar (FERNANDES, 2002). Pode também ser definido por uma sensação auditiva provocada pela vibração das moléculas em um meio elástico. Para a ABNT (1998), o som é toda e qualquer vibração que se propaga num meio dotado de forças internas, capaz de produzir no Homem uma sensação auditiva.

Qualquer fenômeno capaz de produzir ondas de pressão no ar é considerado uma fonte sonora. Se considerarmos, para efeito de simplificação, a fonte sonora como pontual e o meio de propagação como homogêneo, as ondas emitidas serão círculos concêntricos que se dilatarão à velocidade do som.

Tem-se também que, ondas sonoras são ondas longitudinais de compressão, e se propagam através de um meio físico. Com a passagem da onda sonora, as partículas deste meio vibram, ocorrendo uma transferência de quantidade de movimento através desta movimentação e das colisões entre partículas. A forma como estas perturbações ocorrem depende das propriedades do meio de transmissão, principalmente, elasticidade e densidade e da força de excitação. A velocidade do som tende a crescer com o aumento da pressão e da temperatura e a reduzir com o aumento da umidade sendo que, para as condições atmosféricas normais, a velocidade do som é de aproximadamente 340 m/s.

O som pode ser caracterizado por três variáveis físicas: altura, intensidade e timbre. A altura do som é diretamente proporcional à frequência e inversamente proporcional ao comprimento de onda. A frequência é definida como sendo o número de oscilações por segundo do movimento vibratório do som, sendo sua unidade expressa em ciclos por segundo ou Hertz (Hz). O sistema auditivo é capaz de detectar sons com frequências variando de 20 a 20.000 Hz. Sons com frequência abaixo de 20 Hz são denominados infra-sons, sendo os sons com mais de 20.000 Hz denominados ultra-sons. A altura de um som está relacionada à sua frequência. Quanto mais alto for um som, maior será a sua frequência e mais agudo será o som. Para frequências menores, o som será considerado como sendo grave.

Outra particularidade do som pode ser observada quando uma fonte sonora se desloca diante de um observador, mudando de tom quando a fonte está se aproximando ou se afastando, sendo então denominado como efeito Doppler. A explicação é que o som se desloca em forma de ondas a uma velocidade constante para um determinado meio. Quando a fonte sonora se desloca a uma velocidade relativa acima de 10% da velocidade do som, as frentes de onda que se aproximam são comprimidas, dando um tom mais agudo. Quando o som se afasta há uma rarefação das ondas e o som fica mais grave.

Os sons encontrados não são tons puros, mas composições de um amplo espectro de frequências. Dentro da faixa de interesse para o estudo aeronáutico estão as frequências entre 25 e 8.000 Hz. Esta ampla faixa espectral foi então dividida por filtros em oito bandas, que foram definidas como “bandas de uma oitava”. Um exemplo das frequências centrais e seus limites, inferior e superior, é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Frequência central e seus limites

Fonte: Ministério da Aeronáutica, 1984

FREQUÊNCIA CENTRAL (Hz)	LIMITES INFERIOR E SUPERIOR (Hz)
63	44,2 a 88,4
125	88,4 a 177
250	177 a 354
500	354 a 707
1000	707 a 1414
2000	1414 a 2828
4000	2828 a 5657
8000	5657 a 11314

Mais tarde, para medir o ruído produzido por aeronaves, foi desenvolvida uma outra escala, utilizando 24 filtros e definida como sendo “bandas de terço de oitava”, para um espectro de frequência variando de 50 a 10.000 Hz.

A intensidade sonora está associada ao que se denomina “volume”. A intensidade de uma onda sonora é dada pela potência da fonte, dividida pela área da superfície perpendicular à direção de propagação desta onda. Quanto maior a amplitude da onda, maior a pressão que a mesma irá exercer no ar, fazendo que os tímpanos vibrem de maneira mais intensa.

O timbre é o correspondente subjetivo do espectro do som. É a característica que permite ao ouvido distinguir entre dois sons da mesma frequência e intensidade, porém provenientes de fontes distintas. É determinado pelo número e intensidade das harmônicas que acompanham o som fundamental.

O ouvido humano apresenta uma característica particular por responder aos estímulos sonoros de forma não linear. Se uma fonte sonora dobra a potência emitida, o ouvido não reconhece como se fosse o dobro. Isso se deve porque a resposta do ouvido ocorre na escala logarítmica e não na linear.

A Lei de Fechner-Weber faz uma relação entre a intensidade física de um estímulo e a intensidade subjetiva da sensação de uma pessoa. Esta lei vale, dentro de certos limites, para qualquer percepção sensorial humana, podendo ser descrita matematicamente pela equação:

$$S = k \cdot \log E / E^* \quad (1)$$

Onde: S = Sensação;

k= uma constante a ser determinada experimentalmente;

E = Estímulo;

E* = Estímulo adotado como referência.

Esta expressão revela que, quando um indivíduo recebe um estímulo (E), a Sensação (S) provocada é diretamente proporcional a uma constante (k) multiplicada pelo logaritmo do estímulo.

No início da década de 1920, durante as pesquisas com a transmissão de sinais elétricos em cabos telefônicos, surgiu a unidade “bel” (símbolo B), em homenagem a Alexander Graham Bell, com a finalidade de representar os níveis de potência numa escala logarítmica. Mais tarde, foi definido o “decibel” (símbolo dB) como submúltiplo do “bell” com o intuito de abranger as variações menores de potência, pois a escala era muito reduzida.

Porém, quem fez a ligação da escala decibel com a acústica foi Harvey Fletcher, já no final da década, quando verificou que 1 dB era o menor incremento de som detectado pelo sistema auditivo humano, sendo rotulado na época como “unidade de sensação”. Com a evolução dos estudos da acústica básica surgiram várias definições associadas ao decibel para medir o som. A primeira foi o Nível de Intensidade Sonora (NIS) ou Sound Intensity Level (SIL), objetivando medir a intensidade de um som em relação a um nível referencial, sendo escolhido como referência o limiar de audibilidade (Equação 2).

$$\mathbf{NIS = 10 \log (I / I_{ref})} \quad (2)$$

Onde: I = Intensidade sonora

I_{ref} = Intensidade sonora de referência igual a 10^{-16} W/m^2

Na seqüência, foi definido o Nível de Pressão Sonora (NPS) ou Sound Pressure Level (SPL), que é provavelmente a medida de ruído ambiente mais amplamente utilizada (Equação 3).

$$\mathbf{NPS = 20 \log (P/P_{ref})} \quad (3)$$

Onde: P = Pressão sonora P_{ref} = Pressão sonora de referência igual a $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$, que corresponde também ao limiar da audição.

O ouvido humano, para um mesmo nível de pressão sonora, apresenta uma sensibilidade diferente para cada valor de frequência. Dessa forma um som grave será percebido como se fosse menos intenso do que um som agudo. A essa impressão subjetiva da intensidade de um som associada às variações de frequências denomina-se audibilidade.

A sensibilidade do ouvido humano a sons de diferentes frequências tem sido estudada por diversos pesquisadores da Psicoacústica, permitindo assim, correlacionar os efeitos psicológicos devido aos estímulos acústicos. Inicialmente estas experiências foram realizadas por Fletcher e Munson, culminando na determinação das famosas curvas de Fletcher-Munson (Figura 1), atualmente denominadas curvas isoaudíveis ou curvas isofônicas (mesma quantidade de fones), onde fone é a unidade que considera a variação da audibilidade com a frequência para um nível sonoro do tom puro em 1.000 Hz.

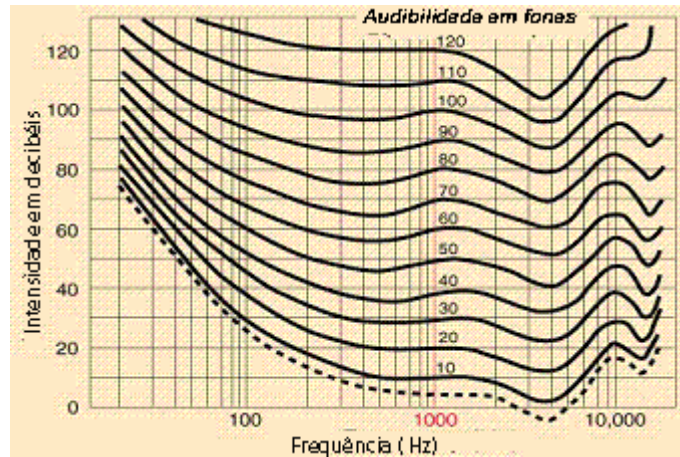


Figura 1 - Curvas de mesmo nível de audibilidade

Fisicamente não existe distinção entre som e ruído. O som é o resultado de uma percepção sensorial de efeitos fisiológicos processados pelo cérebro. O complexo padrão das ondas sonoras é classificado por um padrão e depois codificado como ruído, música, etc, conseqüentemente, não é possível definir o ruído somente em termos dos parâmetros físicos do som. Existe uma diferença entre o fenômeno físico que é o som e a percepção humana deste fenômeno que é processado pelo ouvido.

O ruído provoca um incômodo no ser humano, cuja sensação depende de fatores pessoais, psicológicos, sociológicos e econômicos, que são, por definição, não acústicos (VINCENT et al, 2000).

De uma forma mais específica, Bistafa (2006) considera o conteúdo espectral, a duração, a amplitude e frequência das flutuações de nível e o tempo de subida dos sons impulsivos, como os principais parâmetros físicos que contribuem para essa sensação subjetiva.

O valor do ruído depende da distância do receptor relativamente à fonte sonora. Quanto maior for essa distância, menor será o seu valor. A unidade de medida do ruído é expressa em decibel (dB). Esta grandeza é dada por uma escala de 0 a 140 dB,

correspondendo entre o limiar da audição humana até um som crítico produzido pela turbina de uma aeronave a jato (Figura 2).

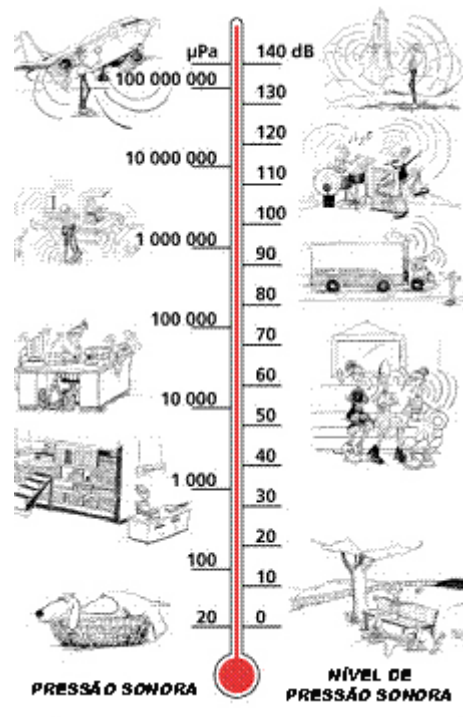


Figura 2 - Comparação entre pressão sonora e nível de pressão sonora

Fonte: Adaptado de Brüel & Kjaer, 2000

O nível do som decresce em função da distância da fonte, resultante dos choques das ondas, absorção atmosférica e atenuação do solo. Se o som é irradiado de uma fonte homogênea e sem perturbação, ele se propaga como ondas esféricas e para a maioria das fontes decresce em 6 dB (A) para o dobro da distância. A absorção atmosférica também influencia no nível de som recebido por um observador e, quanto maior a distância, maior a sua influência. O índice de absorção também é influenciado pela frequência do som, bem como pela umidade e temperatura do ar. A absorção atmosférica é maior para baixa umidade e temperatura, sendo que turbulências e gradientes de vento desempenham um papel importante no nível de atenuação. Com relação à frequência, as mais altas são mais facilmente absorvidas que as mais baixas. Para grandes distâncias, as frequências menores se tornam

dominantes, já que as mais altas sofrem uma maior atenuação, resultando num som mais abafado.

Os efeitos do solo na atenuação na propagação do som são em função da altura da fonte em relação a seu receptor e características do terreno. Quanto mais perto do solo estiver a fonte, maior a sua absorção. As superfícies de terra e vegetação proporcionam maior nível de absorção do que uma superfície recoberta de água.

A propagação do som numa atmosfera real sofre diversas atenuações por diversos fatores, incluindo a absorção do ar, não uniformidade das condições atmosféricas (refração e turbulência) e interação com a absorção do solo e obstáculos.

A equação básica da propagação do som ao ar livre pode ser expressa por:

$$L_p = L_w - 20 \log r - 11 + DI - A_{abs} - A_E \text{ (dB)} \quad (4)$$

Onde: L_p = Nível de pressão sonora

L_w = Nível de potência sonora

DI = fator de diretividade

A_{abs} = atenuação devida à absorção atmosférica

A_E = atenuação devida a uma combinação de efeitos

r = distância da fonte ao receptor

A maioria dos sons ambientais é constituída por uma complexa combinação de diferentes frequências. Para se determinar a reação ao ruído, deve-se ir além das medições físicas de exposição ao ruído, tendo em vista que para uma variedade de sons é necessário considerar uma ampla variedade de reações auditivas entre as pessoas. Mesmo depois de pesquisas exaustivas, ainda não se conhece totalmente como o sistema auditivo processa o som (BISTAFA, 2006).

Dessa forma o contexto sonoro também é muito importante, no caso da reação ao ruído acontecer para um som não esperado. Em muitos casos, o ruído aeronáutico é aceitável pela comunidade local, devido aos benefícios econômicos resultante de suas atividades. Porém, essa situação só pode ser acatada quando o ruído não é percebido ou não é freqüente, em função dos riscos que pode determinar à saúde. No Brasil, as áreas urbanas apresentam alguns empreendimentos que atraem para o seu entorno ocupações inadequadas, prejudicando a qualidade de vida (DAMIÃO, 1998).

O assunto é complexo porque o incômodo sonoro depende de muitas variáveis, no espaço e tempo (ZAPOROZHETS, 1998), além do que a relação entre os impactos sonoros originados pelos grandes aeroportos ainda não é bem conhecida (ISSARAYANGYUN, 2005). Diferentes pessoas irão responder de forma diferente aos mesmos estímulos do som. Estas diferenças poderão ser tão relevantes que, às vezes, é mais conveniente examinar a resposta média de grupos expostos aos mesmos níveis de pressão sonora. O incômodo também é afetado por fatores pessoais e psicológicos, que são fatores não acústicos e de difícil mensuração (ZANNIN, 2005).

Muitos estudos apontam uma forte relação entre a reação ao incômodo, o nível sócio-econômico e as atividades exercidas nas áreas envolvidas. A Tabela 2 apresenta uma relação entre Índice Ponderado de Ruído (IPR) e a reação esperada da comunidade. O IPR é definido por uma unidade de avaliação do incômodo sonoro, calculado a partir dos dados operacionais do aeródromo e das aeronaves que o utilizam.

Tabela 2 - Valor do IPR e Reação da Comunidade

Fonte: NBR 12859, 1993

Valor do IPR	Reação da Comunidade exposta a este nível de ruído.
Menor que 53 IPR	Ambiente pouco ruidoso. Nenhuma reclamação é esperada
Entre 53 e 60 IPR	Ambiente medianamente ruidoso. É esperado grande volume de reclamações por parte dos residentes.
Maior que 60 IPR	Ambiente extremamente ruidoso. São esperadas reclamações generalizadas por parte dos residentes. É possível ação comunitária em prol da redução do ruído.

2.2 RUÍDO AERONÁUTICO

A introdução das aeronaves a jato em substituição às aeronaves com motor convencional proporcionou um aumento significativo na sua velocidade, porém apresentou também como resultado, e na mesma proporção, um aumento do ruído.

O nível de ruído que chega ao solo perto dos aeroportos emitido por aeronaves em vôo depende de um grande número de fatores, tais como: modelo de aeronave, tipo de turbina, potência, configuração das asas, distância da trajetória, bem como da topografia do terreno e do clima, que afetam a propagação do som.

O ruído aeronáutico apresenta caracteres intrusivos consistindo numa sucessão de repentinos altos níveis com separação por períodos silenciosos. Apresentam grandes problemas ambientais nas operações de decolagem e aproximação por estarem mais próximos do solo e nestes pontos exigirem muita potência (Tandon, 2003).

A principal fonte de ruído de uma aeronave é emitida pelo sistema propulsor, embora o fluxo aerodinâmico gerado perto das partes estruturais, como asas e sistema do trem de pouso, produzam significativa contribuição. O sistema propulsor tem como principais

componentes geradores de ruído: a turbina, o ventilador, o compressor e o núcleo de combustão, sendo que a maior contribuição provém da exaustão do gás em altíssima velocidade. O ruído emitido pela decolagem ou aterrissagem se altera no tempo e no espaço e depende, principalmente, do peso da aeronave, ângulo de subida ou descida e configurações de potências (Figura 3).

Pode ser verificado que os componentes do sistema propulsor apresentam faixas de frequência diferentes. Enquanto o compressor e a turbina emitem sons de alta frequência, por outro lado, o combustor e o jato, a emissão é de baixa frequência.

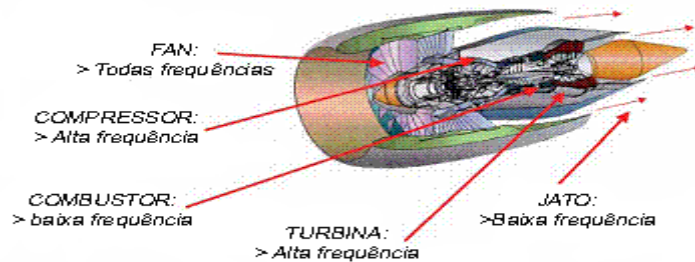


Figura 3 - Contribuição típica dos componentes de uma turbina

Fonte: Adaptado de ICAO, Environmental Report, 2007

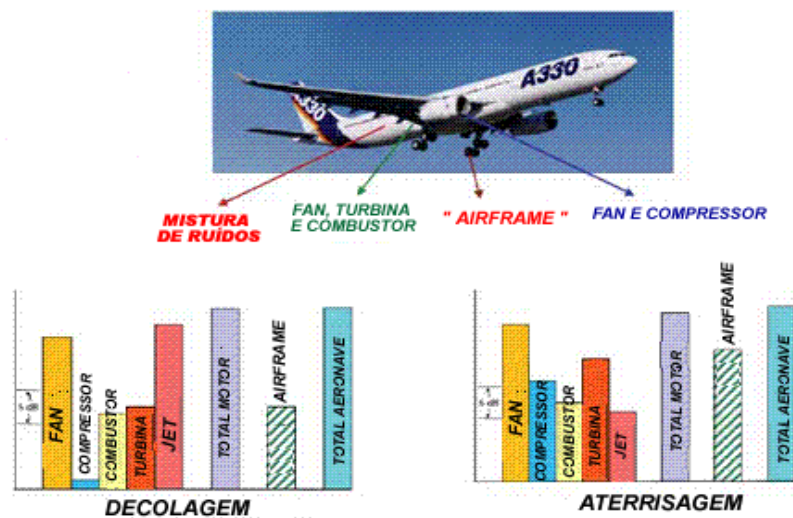


Figura 4 - Distribuição do ruído

Fonte: Adaptado de ICAO, Environmental Report, 2007

A Figura 4 ilustra a contribuição do ruído pelo sistema de propulsão e configuração aerodinâmica durante um pouso e uma decolagem. Pode-se verificar que, durante uma decolagem típica, o ruído proveniente do jato apresenta maior contribuição. Com relação à aterrissagem, é o ruído do sistema “airframe” que apresenta um valor significativo.

O problema ficou mais evidenciado após a Conferência de Londres sobre ruído em 1966, quando ficou transparente, para um grande número de agências internacionais e fabricantes de aeronaves, que o ruído aeronáutico poderia se tornar o maior empecilho para o crescimento do sistema de tráfego aéreo. A gravidade de uma futura restrição ao sistema foi manifestada por diversas comunidades vizinhas aos aeroportos e a situação foi considerada pela maioria dos membros da conferência como inaceitável pelo ponto de vista acústico e ambiental.

Diante dos fatos e ciente de que nos países mais adiantados nenhum aeroporto é aberto ao tráfego aéreo sem um profundo estudo de impacto ambiental relacionado ao ruído aeronáutico, a ICAO promoveu em 1969 um Encontro Especial sobre ruído Aeronáutico, que teve como objetivo desenvolver métodos para controlar a emissão do ruído por aeronaves. Dois anos depois, a ICAO publicou o Anexo 16, contendo as primeiras normas para certificação de aeronaves em função do ruído emitido.

O incômodo causado pelo ruído é percebido de maneiras diferentes devido a diversos fatores, incluindo preferências individuais, horário e quantidade de energia. Particularmente com relação ao ruído aeronáutico, este está relacionado também à tecnologia das aeronaves. A ICAO percebendo este avanço na tecnologia dos propulsores a jato, estabeleceu no seu Anexo 16, que trata dos assuntos ambientais, uma classificação para as aeronaves em função da sua certificação ao ruído como se segue:

a) NNC: são aeronaves referidas como “non-noise certificate-NNC” fabricadas antes da existência da norma de certificação quanto ao ruído. São equipadas com a primeira geração

de motores, também chamados de jatos puros. São consideradas altamente ruidosas. Ex: B 707, DC-08, Caravelle, Concorde, entre outras;

b) CAPITULO 2: são aeronaves cujo certificado de aeronavegabilidade do protótipo foi aceito antes de outubro de 1977. Estas aeronaves geralmente são equipadas com a segunda geração de motores à reação e consideradas ainda como ruidosas. Ex B 727-200, B 737-200, B 747-100, DC-09, entre outras;

c) CAPITULO 3: são aeronaves cujo certificado de aeronavegabilidade do protótipo foi aceito após outubro de 1977 e antes de 2006. Trata-se de aeronaves mais modernas equipadas com a terceira geração de motores à reação utilizando turbo-fan e consideradas medianamente ruidosas. Ex: A 320, A 330, B 767, B 777, entre outras;

d) CAPITULO 4: são as aeronaves mais recentes, utilizando propulsores de última geração. Os requisitos de emissão de ruído são mais restritivos, sendo a soma dos pontos de homologação, 10 EPNL menor que os limites das aeronaves Capítulo 3 e são consideradas como sendo pouco ruidosas. Ex: A 380, B 787.

Em contraste com a situação de 40 anos atrás, atualmente as fontes de ruído das modernas aeronaves são muito parecidas. O ruído produzido pelo “fan”, turbina, compressor, ruído de jato e estruturas são bem determinantes, dependendo do modo de operação. Berckmans (2008) sugere, para reduzir o incômodo sonoro emitido pelas aeronaves, além da redução do nível do som, focar também na qualidade do ruído produzido.

2.3 CRESCIMENTO DO TRÁFEGO AÉREO

O tráfego aéreo mundial vem crescendo a uma taxa de 6% ao ano. A Tabela 3 apresenta os principais aeroportos do mundo em número de movimento de passageiros (ALVES, 2007). Este crescimento vem agravando os problemas junto à população afetada.

Pode-se verificar que os Estados Unidos possuem 05 aeroportos na lista dos 10 mais movimentados. O Aeroporto Internacional de São Paulo (Guarulhos) ocupava em 2005, a 84 º posição entre os aeroportos mais movimentados.

Tabela 3 - Aeroportos com maior movimento de passageiros

Fonte: Alves, 2007

Aeroporto	2001	2005
1. Atlanta (ATL)	75,8*	85,9
2. Chicago (ORD)	67,4	76,5
3. Los Angeles (LAX)	61,6	61,5
4. Londres (LHR)	60,7	67,9
5. Tóquio (HAN)	58,7	63,3
6. Dallas (DFW)	55,1	59,0
7. Frankfurt (FRA)	48,6	52,2
8. Paris (CDG)	48,0	53,7
9. Amsterdam (MAS)	39,5	44,2
10. Las Vegas (LAV)	36,1	44,3
• Guarulhos (GRU)	14,1	15,8

* Movimento em milhões de passageiros/ano

A Tabela 4 apresenta os principais aeroportos brasileiros em 2009. Guarulhos e Congonhas, juntos, somam 27% do movimento de passageiros do país.

Tabela 4 - Movimento de passageiros e aeronaves dos principais aeroportos no Brasil

Fonte: INFRAERO / 2009

Aeroporto	Passageiros (milhão)	Aeroporto	Aeronaves (mil)
1. Guarulhos-SP	21,6	1. Guarulhos	209
2. Congonhas-SP	13,6	2. Congonhas	193
3. Brasília-DF	12,2	3. Brasília	162
4. Galeão-RJ	11,7	4. Galeão	119
5. Salvador-BA	7,0	5. Campo de Marte	104
6. Salgado Filho-RS	5,6	6. Salvador	102
7. Confins-MG	5,5	7. Santos Dumont	96
8. Recife-PE	5,2	8. Afonso Pena	80
9. Santos Dumont-RJ	5,0	9. Salgado Filho	79
10. Afonso Pena-PR	4,6	10. Recife	66

A Tabela 5 mostra um resumo dos 3 aeroportos mais movimentados do país. Congonhas, teve um crescimento de 53% no número de passageiros entre 2003 e 2006. Este deve ser um dos principais motivos que o levou a entrar em colapso no ano seguinte. O movimento anual de pousos e decolagens, com cerca de 230.000 unidades, representa uma operação média a cada 2 minutos, considerando o aeroporto aberto 17 horas por dia.

Tabela 5 - Movimento de aeronaves e passageiros em 2003 e 2006

Fonte: INFRAERO

		Congonhas	Guarulhos	Brasília
Aeronaves	2003	220.887	139.039	122.182
	2006	230.000	155.000	16.000
Passageiros (milhões)	2003	12,0	11,5	6,8
	2006	18,4	15,8	9,7

O movimento de aeronaves tem uma relação direta com o nível de ruído ambiental junto à população, já que o número de sobrevôos está relacionado ao total de energia acústica emitida (KUWANO e NAMBA, 1996). Para as condições normais, o nível equivalente de ruído pode ser descrito em função de $10 \log N$, onde N é o número de eventos. Isto indica que o dobro de sobrevôos equivale a um incremento de 3 dB no nível de pressão sonora.

2.4 MÉTRICAS

A resposta humana com respeito ao ruído apresenta uma grande variabilidade. A psico-acústica considera as variáveis que podem ser determinadas por meio de experimentos sensoriais e cognitivos e as correlaciona com parâmetros físicos medidos objetivamente, como a intensidade e espectro de frequência. Outros aspectos não acústicos também são considerados como o tipo de ambiente e horário.

Surge, então, a necessidade de se utilizar indicadores cujos valores possuam suficiente correlação com os efeitos estabelecidos de dose e efeito que permitam prever as conseqüências. Devido à natureza espectral analítica do ruído, muitos dos indicadores adotados foram baseados em filtros do som por meio de redes de ponderação, que aplicam maior peso para as freqüências mais significativas em termos de ruído.

Para a European Civil Aviation Conference (2005), os ruídos relacionados com as comunidades em geral, no caso dos transportes, a ponderação (A) proporciona um indicador muito bem correlacionado com os efeitos da perda de audição e a interferência com a palavra. Além disso, apresenta vantagens por ser de fácil implementação e apresenta como resultado um número único. A maioria das legislações referentes ao ruído utiliza a ponderação (A) e suas variantes tais como o Nível equivalente de pressão sonora - Leq, e o Nível de Incômodo sonoro pelo Método Day-Night Sound Level – Ldn. Para o caso específico de indicador para o ruído de aeronaves, Yanitelli et al. (2001) citam os trabalhos de Kryter (1958, 1959, 1963 e 1964), introduzindo o conceito de “ruidosidade” e o comparam ao conceito de nível de audibilidade introduzido por Fletcher (1933), depois estendido para os sons complexos por Stevens (1956). A ruidosidade percebida (N) se expressa em uma unidade arbitrária denominada noy. Este conceito é semelhante ao de audibilidade, expressado na unidade sone do espectro sonoro. Em seu trabalho posterior, Stevens (1959) propõe o conceito do Nível de ruído percebido – PNL (Perceived Noise Level), desenvolvido especificamente para avaliar a perturbação causada por aviões a jato.

Esta medida caracteriza a sensação do nível de incômodo sonoro conforme as faixas de freqüência, sendo utilizado como um indicador da psico-acústica por possuir correlação com a sensação de incômodo causado pelo ruído de uma aeronave.

Para o seu cálculo deve ser considerado um campo sonoro difuso e a inexistência de irregularidades pronunciadas no seu espectro. O PNL é calculado pela expressão:

$$\text{PNL} = 40 + (10 \log n / \log 2) \quad (5)$$

Onde: n = ruidosidade total em noys

As métricas de ruído podem ser definidas como sendo uma medida da “dose” de ruído. Existem dois tipos principais para descrever esta medida, um tipo para a avaliação do ruído devido a um único evento, como é o caso de sobrevôo de aeronaves. Outro tipo de métrica se refere à totalidade de ruído ambiental acumulada por um longo período de tempo.

As métricas de evento único tem como utilidade dar uma indicação do nível de intrusão e ruidosidade de uma aeronave em particular. Com importância ao ruído aeronáutico para um único evento, teremos três métricas. Nível máximo de pressão sonora ponderado em A - LA_{\max} (Maximum A-weighted Sound level), baseada na máxima intensidade do som durante um evento, Nível de exposição ao ruído de único evento – LAX, corresponde ao (Sound Exposure Level-SEL), baseado no total de energia sonora de um evento e o Nível efetivo de ruído percebido – EPNL (Effective Perceived Noise Level), desenvolvido especificamente para avaliar a perturbação causada por aviões a jato.

LA_{\max} e LAX são valores que podem ser medidos diretamente através de equipamentos normais, sendo que, LAX é definido pela Norma ABNT-TB-389 (1990) como o nível de exposição em dB(A) que permanece um segundo, fração de tempo, o qual representaria o evento real, e é geralmente mais utilizado por levar em consideração não só a intensidade como a duração do evento. No entanto, pessoas não ligadas ao assunto preferem o LA_{\max} por ser de mais fácil entendimento na monitorização de aeroportos. Já o EPNL não é medido diretamente e sim obtido através do cálculo de várias expressões para cada um dos espectros sonoros obtidos nos diversos intervalos de tempo de um sobrevôo. O EPNL é a métrica adotada pela ICAO para certificação de novas aeronaves.

As métricas cumulativas são medidas de ruído ao longo do tempo e apresentam a vantagem de fornecer uma indicação do nível de incômodo de uma comunidade. Estas métricas são baseadas principalmente na intensidade do nível sonoro e no número desses eventos. Normalmente são expressas na forma $L + K \log N$, onde L é a média da intensidade do som em dB, N é o número de eventos durante um período de tempo determinado e K é a constante que quantifica a relativa importância entre intensidade e eventos.

As diferentes métricas utilizadas para estabelecer o nível do ruído aeroportuário geram muitas dúvidas e conflitos em muitos países, motivando a promoção de muitos estudos que apresentem soluções para o estabelecimento de suas relações e conversões.

A primeira métrica a ser comentada é o LA_{Max} (Figura 5). Durante a variação do nível de ruído ao longo do tempo é conveniente, algumas vezes, conhecer apenas o valor do seu máximo nível sonoro. No entanto, este nível sonoro máximo descreve apenas uma dimensão de um evento e não fornece informações sobre exposição cumulativa de ruído de uma comunidade. Pode acontecer de dois eventos com valores máximos idênticos produzirem valores diferentes de exposição. É o caso de um evento de curta duração comparado a outro que pode ter um período mais extenso e poderá ser julgado como sendo de maior incômodo.

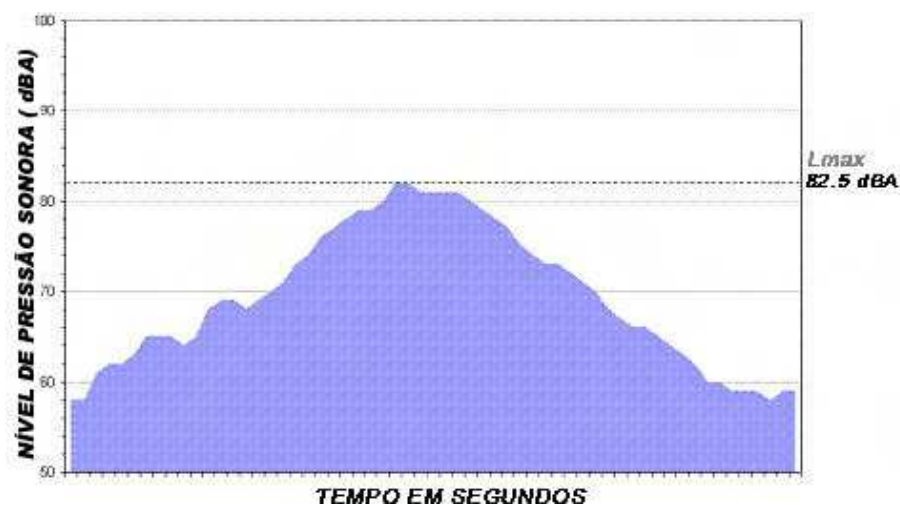


Figura 5 - Exemplo da métrica LA_{max}

Fonte: Adaptado de Civil Aviation Authority, 2001

Outra métrica é o Nível de Exposição ao ruído de um único evento (LAX), que pode ser definida como a medida total de energia sonora produzida durante um único evento com valor superior a um limiar previamente definido. Esta métrica quantifica tanto o efeito do tempo como a magnitude para um evento unitário medido acima do limite especificado, podendo ser entendido como uma “dose” de ruído associada a um único evento (Figura 6).

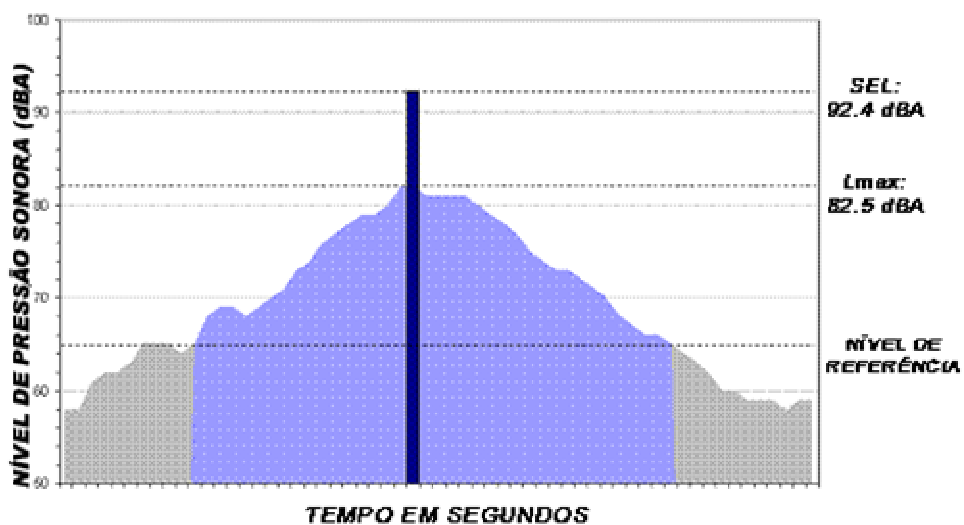


Figura 6 - Exemplo da métrica LAX (SEL)

Fonte: Adaptado de Civil Aviation Authority, 2001

O Nível equivalente - Leq (Equivalent Sound Level) - Figura 7 - é a medida da exposição resultante da acumulação de um nível sonoro durante um período apropriado (uma hora, um dia etc). Segundo a ABNT (1987), o seu valor é determinado através de uma análise estatística da história temporal do nível sonoro em dB (A). Esta métrica foi desenvolvida simultaneamente nos Estados Unidos e Alemanha. Nos Estados Unidos ela foi utilizada no final da década de 1950 para o planeamento de implantação de aeródromos da Força Aérea, sendo que na Alemanha ela foi introduzida para avaliar especificamente o impacto do ruído das aeronaves nas vizinhanças dos aeroportos públicos.

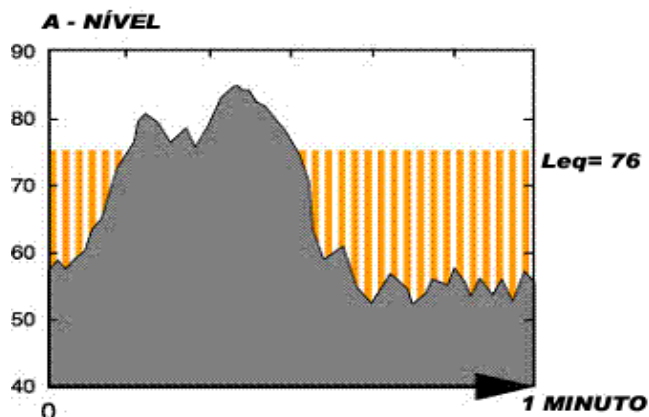


Figura 7 - Exemplo da métrica Leq

Fonte: Adaptado de Harris Miller Miller & Hanson Inc, 2004

O Nível de ruído percebido – PNL, segundo a ABNT (1990), é o resultado do cálculo dos contornos de igual índice de ruidosidade, de frequências de banda larga e tipos de ruído produzidos por aeronaves, a pistão ou a jato, no pouso e decolagem. Este valor caracteriza a sensação do nível de incômodo de acordo com o espectro do nível sonoro e é um índice de psico-acústica por ter boa relação entre o tráfego aéreo e o incômodo causado.

O Nível efetivo de ruído percebido - EPNL é a unidade que avalia os efeitos subjetivos no homem, decorrentes do ruído produzido por um sobrevôo de uma aeronave, sendo constituído pelo (PNL), corrigido para as irregularidades espectrais para o tom máximo em cada incremento de tempo. Consiste na medição do peso das frequências, incorporando uma penalização para a presença de tons puros, emitidos pelo compressor e ventilador da turbina, que causam um incremento de irritação. Seu cálculo é feito utilizando o espectro de frequências durante a passagem de uma aeronave e tem sido adotado pela ICAO para a certificação de novas aeronaves. Seu cálculo é complexo e trabalhoso e só recentemente foi elaborada uma metodologia no Brasil por Niederaurer de Oliveira (2005) para informatizar as atividades do cálculo do EPNL para o ruído externo de aeronaves.

Apesar do EPNL ser utilizado tanto para a certificação de aeronaves de asa fixa como para helicópteros, Pike (2008) contesta a sua eficiência para avaliar a resposta subjetiva ao

ruído produzido por helicópteros. Reconhece, entretanto não existir atualmente, uma métrica mais apropriada para a certificação, principalmente, com referência ao som impulsivo.

Com relação ao nível de incômodo sonoro para longas exposições também foram desenvolvidas diversas métricas em diferentes países. Métodos de contabilização da diferença entre o incômodo diurno e noturno tem sido empregado em diferentes métricas para diferentes métodos de avaliação do ruído ao redor do mundo. As ponderações aplicadas diferem ligeiramente entre os países, mas a maioria deles aplica uma penalização para o período noturno na ordem de 10 dB (A).

O Nível de incômodo sonoro definido como Método Composite Noise Rating (CNR), foi um dos primeiros métodos para avaliação do ruído em aeroportos e ainda hoje é utilizado pela Federal Administration Aviation (FAA) para o planejamento e ordenamento territorial nos Estados Unidos. Este índice foi proposto por Rosenbith e Stevens em 1952, tendo como base as bandas de oitava do SPL. Este método é baseado nos níveis máximos de ruído percebido em PNdB para cada sobrevôo e faz distinção entre os períodos diurno e noturno compreendido entre 22 h e 7 h.

Já o Nível de incômodo sonoro definido como Método Day-Night Sound Level - Ldn é uma métrica desenvolvida especificamente para avaliação do ruído em comunidades e pode ser medida através de sonômetro (popularmente denominado como decibelímetro) ou calculada numericamente. Esta métrica foi desenvolvida na década de 1970 pela Environmental Protection Agency (EPA), nos Estados Unidos, para usos específicos, sendo depois reconhecida pela FAA para medir o impacto do ruído aeronáutico no homem. Durante o seu desenvolvimento, foi observado que a maioria dos ambientes expostos ao ruído, são caracterizados por um comportamento repetitivo, com algumas variações entre os dias úteis e finais de semana e algumas flutuações sazonais. Sua validação é praticamente para medições de números limitados de pontos e somente para curtos períodos. O Ldn pode ser definido

como a média do nível sonoro durante um período de 24 h, levando em consideração que os ruídos que ocorrem no período noturno, compreendido entre 22 h e 7 h do dia seguinte são, artificialmente, incrementados de 10 dB. Esta penalização tem por objetivo refletir a intrusão do ruído para eventos noturnos, tendo em vista que o ruído de fundo na comunidade decresce a noite e pela constatação de que as pessoas são muito mais incomodadas pelo ruído noturno do que no período diurno. O Ldn é calculado pela expressão:

$$Ldn = 10 \log \left\{ \frac{1}{24} \left[15 (10^{Ld/10}) + 9 (10^{(Ln+10)/10}) \right] \right\} \quad (6)$$

Onde: Ld = nível equivalente de ruído em dB(A) dos sobrevôos diurnos

Ln = nível equivalente de ruído em dB(A) dos sobrevôos noturnos

O Nível de Incômodo sonoro pelo método Noise Exposure Forecast - NEF, foi desenvolvido por GALLOWAY e BISHOP, nos Estados Unidos, e utiliza a exposição para um nível de ruído percebido em PNdB. Utiliza uma escala com correções adicionais para a presença de tons puros que influenciam na duração do voo num período de 24 horas. Permite, também, ajustes de acordo com o período do dia e possibilita a elaboração de curvas isofônicas. Este índice é o resultado dos índices individuais de ruído em EPNL de cada aeronave, multiplicado pelo número de operações, permitindo assim uma indicação média dos impactos negativos do ruído aeronáutico.

O NEF foi desenvolvido a partir do Nível de incômodo sonoro pelo Método Composite Noise Rating - CNR, que por sua vez, foi inicialmente desenvolvido para a análise do ruído nas comunidades, sendo que depois sofreu modificação para avaliar somente o ruído produzido por aeronaves. Esta métrica tem sido utilizada até hoje no Canadá, Espanha, Iugoslávia, Hong Kong, Estados Unidos e uma versão diferenciada na Austrália denominada ANEF. O NEF é expresso por:

$$\text{NEF} = 10 \log \sum_i \sum_j \sum_k 10^{\text{NE}(i,j,k) / 10} \quad (7)$$

Sendo que NE (i, j, k) é o valor do NE em um ponto de interesse no solo, devido às aeronaves do tipo i, voando pela trajetória j, no período k do dia.

Onde:

$$\text{NE}(i, j, k) = \text{EPNL}(i, j, k) + 10 \log [N(i, j, k) / \text{QK}] - 75 \quad (8)$$

N (i, j, k) = quantidade de aeronaves do tipo i, que utilizam a trajetória j, no período k do dia.

QK = ajuste de acordo com o período do dia:

Para o período diurno (7 h às 22 h): K = 1 e Q = 20.

Para o período noturno (22 h às 7 h): K = 2 e Q = 1,2.

O Nível de incômodo sonoro pelo Método Weight Equivalent Continuous Perceived Noise Level - WECPNL, foi proposto pela ICAO para avaliação do nível de incômodo devido a longas exposições ao ruído. Esta métrica pode ser considerada como sendo um híbrido do EPNL, desde que esteja incorporada com a correção por um tom puro e pela duração do evento. No seu cálculo está incluído uma média de energia para as horas do dia e uma correção de ajuste sazonal baseada na temperatura. O Japão foi um dos poucos países a adotá-lo. A sua expressão é:

$$\text{WECPNL} = 10 \log [5/8 (10^{\text{ECPNLD} / 10}) + 3/8 (10^{\text{ECPNLN} + 10 / 10})] + S \quad (9)$$

Onde: ECPNLD = ECPNL durante o período diurno (7 h às 22 h).

ECPNLN = ECPNL durante o período noturno (22 h às 7 h).

S = Ajuste sazonal, podendo ser:

S = -5 dB: para meses em que há normalmente menos de 100h com temperaturas iguais ou superiores a 20°C;

S = 0 dB: para meses em que há normalmente mais do que 100h com temperaturas iguais ou superiores a 20°C e menos de 100h com temperaturas iguais ou superiores a 25,6°C;

S = +5 dB: para meses em que há mais do que 100h com temperaturas iguais ou superiores a 25,6°C.

No Brasil, a métrica adotada foi o Índice Ponderado de Ruído (IPR), que também é uma versão muito parecida com o NEF e o WECPNL. Sua base, o EPNL é considerado o melhor índice, pois permite caracterizar com precisão o impacto sonoro. Sua grande desvantagem é a complexidade de seu cálculo, que dificulta o seu entendimento nas comunidades envolvidas. È obtido pela seguinte expressão:

$$\mathbf{IPR} = 10 \log \sum_i \sum_j \sum_k \mathbf{10}^{(\mathbf{IPR}_{(i,j,k)})/10} \quad (10)$$

Sendo que $\mathbf{IPR}_{(i,j,k)}$ é a componente do IPR devida a todas as aeronaves do tipo i, que percorrem a trajetória j, durante o período k do dia. É calculada por:

$$\mathbf{IPR}_{(i,j,k)} = \mathbf{EPNL}_{(i,j,k)} + 10 \log \mathbf{p(k)} \cdot \mathbf{n}_{(i,j,k)} - 68 \quad (11)$$

Onde: $\mathbf{n}_{(i,j,k)}$ = número dessas aeronaves.

$\mathbf{p(k)}$ = fator de ponderação em função do período do dia: $\mathbf{p(1)} = 1$ para o período diurno (7 h às 22 h) e $\mathbf{p(2)} = 10$ para o período noturno (22 h às 7 h).

constante 68 = fator de correção

Revoredo e Slama (2008) propuseram o estabelecimento de formas de comparação entre o Ldn e Leq para o Brasil, pois as duas métricas são utilizadas em legislações diferentes e conflitantes, o Ldn está relacionado com o zoneamento de ruído aeroportuário e o Leq com o zoneamento urbano. Concluíram ainda, que a relação entre estas métricas difere de um aeroporto para o outro, em função de suas características particulares, surgindo desta forma a necessidade de se estabelecer uma relação específica entre Ldn e Leq para cada aeroporto analisado.

A Environmental Protection Agency – EPA (1974) fez uma compilação de várias métricas que estavam em uso na época, para propor níveis de ruído adequados para cada tipo de edificação e as atividades envolvidas (residências, escolas, comércio, etc) de forma a manter a saúde e o bem estar da população. Com o intuito de simplificar o entendimento e sua aplicação e considerando as diferenças individuais de conceito de cada métrica, propôs transformar uma medida em outra utilizando a seguinte relação aproximada:

$$\mathbf{Ldn \approx CNEL \approx NEF + 35 \approx CNR - 35} \quad (12)$$

No Japão as métricas baseadas no Leq são muito utilizadas para medir o nível do ruído ambiental para os tráfegos rodoviário e ferroviário, mas com relação ao ruído aeronáutico, a métrica WECPNL é a mais conhecida, já que ela é utilizada como parâmetro para definir a necessidade de isolamento acústico de edificações e relocação de residências próximas aos aeroportos.

Yoshioka (2000) sugere a possibilidade de converter o WECPNL para Ldn usando uma equação linear simples (Figura 8). Para o cálculo do Ldn utilizou os dados de LAmax e LAX observados em estações de medições de monitoramento automático de ruído dos grandes aeroportos do Japão.

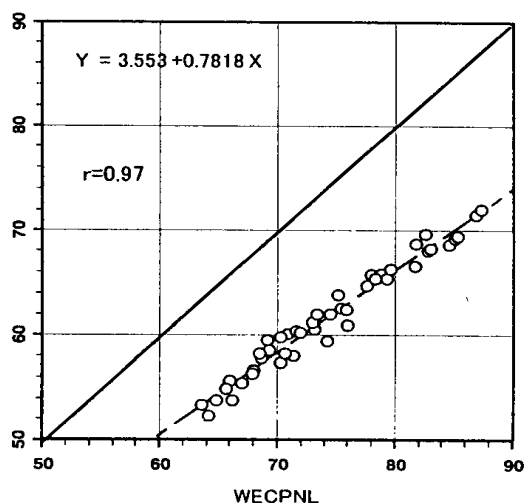


Figura 8 - Relação entre WECPNL e Ldn

Fonte: Yoshioka, 2000

Lim (2007) estudou as relações entre o incômodo nas comunidades e o ruído aeronáutico na Coreia. Para tanto utilizou os parâmetros WECPLN e Ldn. O WECPNL foi utilizado, principalmente, porque ele é o método adotado pelo país para avaliação do ruído e o Ldn foi utilizado para poder ser comparado com outras pesquisas em outros países. Os resultados mostraram que o WECPNL é mais coerente, porque considera melhor as características específicas do ruído das aeronaves, como os ruídos intrusivos. No entanto, o Ldn, por considerar o som total, é o mais indicado para avaliar os efeitos do ruído para a saúde.

Uma ampla variedade de métricas estão disponíveis para representar e avaliar o ruído proveniente das operações aéreas (Tabela 6). Nos EEUU duas delas ganharam grande aceitação e são amplamente utilizadas em estudos de atenuação do ruído, o Ldn e LAX, porém uma terceira métrica, Time Above – TA, desenvolvida pelo FAA, que até então não era muito utilizada, está sendo muito requisitada por membros comunitários, que acreditam que ela pode representar os problemas com relação ao ruído mais convincentemente do que as outras duas. Burn et al. (1995) consideram o Ldn muito útil para produzir a sensação média de uma comunidade, porém não o aconselham para medir a sensação individual.

Tabela 6 - Métricas aeronáuticas mais utilizadas

MÉTRICA	BASE DE UTILIZAÇÃO	PAÍS
ANEF – Australian Noise Exposure Forecast	EPNL	Austrália
B – Total Noise Rating	dB(A)	Holanda
IPR – Índice Ponderado de Ruído	EPNL	Brasil
Ldn – Day-Night Sound Level	dB(A)	Estados Unidos / França
Leq – Equivalent Sound Level	dB(A)	Estados Unidos
N – Isopsophic Index	LPN	França
NEF - Noise Exposure Forecast	EPNL	Estados Unidos / Canadá
NI – Noisiness Index	dB(A)	África do Sul
NNI – Noise and Number Index	LPN	Inglaterra
Q - Storindex	dB(A)	Áustria / Alemanha
WECPNL – Weight Equivalent Continuous Perceived Noise Level	EPNL	Japão / Coreia

2.5 REDUÇÃO DO RUÍDO AEROPORTUÁRIO

Com o intuito de proporcionar um relacionamento harmonioso entre o aeroporto e a população no seu entorno, vários estudos e procedimentos operacionais estão sendo estabelecidos para reduzir o nível de incômodo. Dentre estes estudos estão o estabelecimento de normas mais rígidas para diminuir o nível de ruído emitido pelas novas aeronaves e modelos de zoneamentos adequados para o planejamento do uso do solo.

Porém, quando um aeroporto apresenta um tráfego aéreo intenso e o planejamento do seu entorno não foi adequado para essas novas condições de tráfego, as comunidades ao redor iniciam pressões variadas para redução do ruído. Portanto, o aeroporto sem muita margem de manobra dá início às restrições que variam do grau de intensidade, dependendo das suas condições operacionais.

2.5.1 Redução do ruído na fonte

Para atenuar o incômodo sonoro junto à população, tanto organizações internacionais, como autoridades aeroportuárias e empresas ligadas à aviação promoveram diversos estudos, que já estão sendo aplicados no cotidiano. O melhor resultado apresentado até agora é a redução do ruído pelas turbinas. A ICAO na década de 60 estabeleceu índices de emissão para certificação de aeronaves e as dividiu em categorias. As mais antigas e ruidosas foram classificadas como Capítulo 2. O Boeing B-707, Douglas DC-8 e Boeing B-727 são alguns exemplos mais conhecidos. No ano de 1975 surgiram aeronaves com novo conceito de turbina, mais silenciosa, classificadas como Capítulo 3. Boeing B-737-300, Boeing B-767 e Airbus A-319 são exemplos de aeronaves incluídas nesse grupo. Com o avanço da tecnologia teve início em 2006 a operação de aeronaves classificadas como Capítulo 4. O Boeing B-777 com turbina GE e o Airbus A-340 com turbina Trent são exemplos. A Figura 9 mostra o progresso das aeronaves com relação ao ano de certificação (ICAO, 2007).

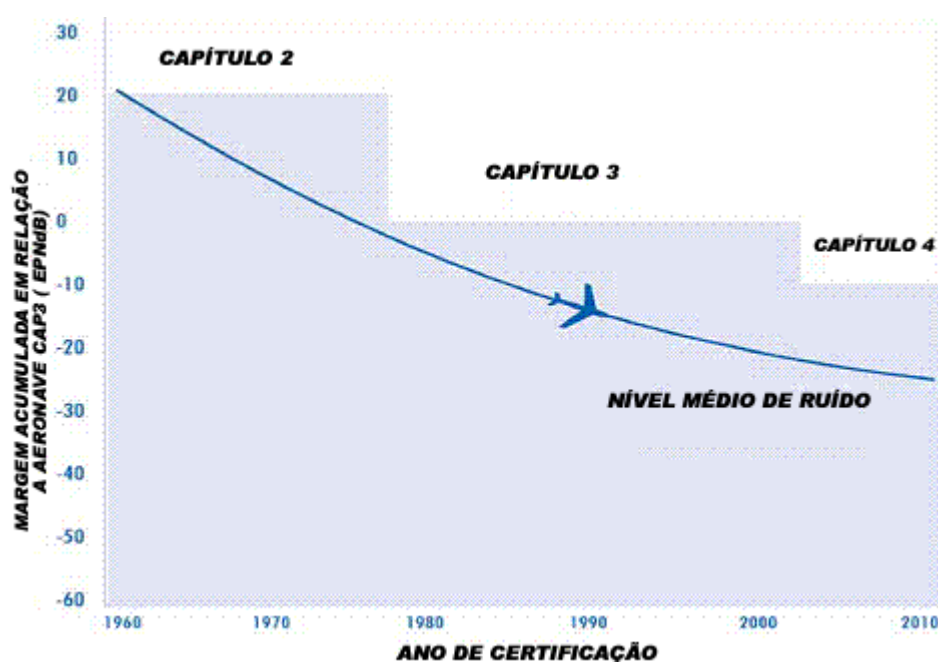


Figura 9 - Redução do ruído pelas aeronaves

Fonte: Adaptado de ICAO, Environmental Report, 2007

2.5.2 Planejamento e uso do solo

Um planejamento adequado e ordenamento do uso do solo é o meio mais eficaz de garantir uma convivência entre o aeroporto e a vizinhança, pois desta forma estar-se-á minimizando o número de pessoas afetadas pela emissão sonora. Um zoneamento adequado em torno dos aeroportos permitirá atividades de acordo com os níveis de emissão sonora, planejando a ocupação urbana que normalmente é inevitável.

A Figura 10 é um exemplo do contorno das curvas 1 e 2, revelando a falta de planejamento e ordenamento do solo (ICAO, 2007).

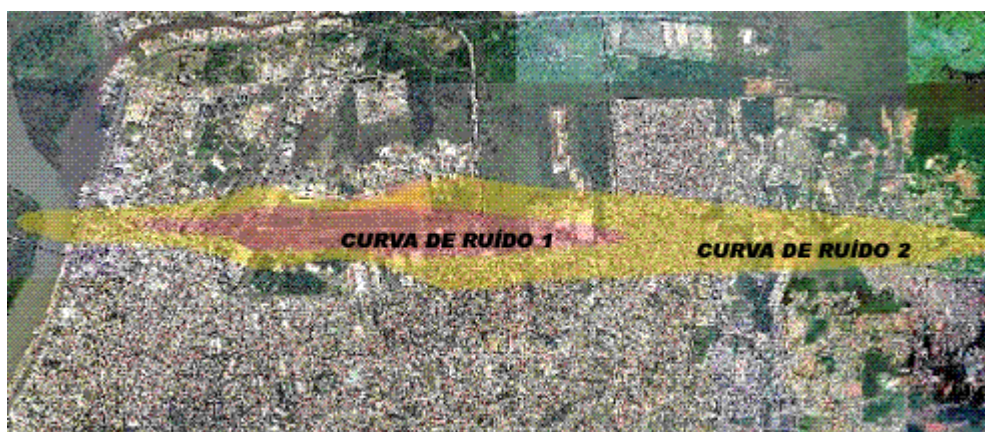


Figura 10 - Curvas de Ruído do Aeroporto de Porto Alegre

Fonte: Adaptado de ICAO, Environmental Report, 2007

2.5.3 Procedimentos operacionais de redução do ruído

Exemplo de procedimentos operacionais:

- a) Priorizar pistas e cabeceiras onde a ocupação urbana está mais distante ou a densidade demográfica seja menor;
- b) Elaborar cartas de aproximação ou de decolagem para evitar áreas residenciais;
- c) Realizar decolagem com razão de subida mais íngreme;

- d) Evitar o sobrevôo sobre locais sensíveis, como hospitais e escola;
- e) Rebocar aviões em vez de utilizar a turbina da aeronave;
- f) Aplicar diferentes taxas operacionais baseadas no nível de emissão sonora da aeronave.

2.5.4 Restrições operacionais

Fortes reações comunitárias levaram alguns países, principalmente os mais desenvolvidos, à proibição de determinadas aeronaves ruidosas em aeroportos mais sensíveis ao ruído. Na década de 80 o foco foram as aeronaves não certificadas, como o Concorde e o Tupolev 154. Na década de 90 passou-se para as aeronaves classificadas como Capítulo 2 e atualmente para as aeronaves Capítulo 3.

No entanto, restrições desta ordem acarretam sérias implicações econômicas para as companhias aéreas, não só para as companhias do país de origem, mas também para os países mais pobres, que normalmente não possuem recursos para a aquisição de aeronaves mais modernas.

Muitos países desenvolvidos, incluindo Canadá, Austrália, Estados Unidos e a maioria da Comunidade Européia proibiram a operação das aeronaves classificadas com Capítulo 2. No Brasil, desde o início de 2005, 20% por ano da frota de aeronaves Capítulo 2 estão sendo removidas progressivamente, completando em 2010 a proibição definitiva nos aeroportos brasileiros.

Para o caso das aeronaves Capítulo 3, ficou acatado que sua restrição por um país membro somente será autorizada desde que tenham sido tomadas todas as providências possíveis para a redução do ruído e de que empresas dos países em desenvolvimento não sejam prejudicadas.

Outro tipo de restrição é o fechamento parcial ou total do aeroporto durante um período específico de tempo. O fechamento parcial é definido como sendo a proibição por um período de tempo de uma aeronave específica e o fechamento total para todo tipo de aeronave. Normalmente este tipo de restrição é aplicado para o período noturno compreendido entre 22h e 7 h.

Cerca de 220 aeroportos têm utilizado este método de restrição operacional. Quase a metade são aeroportos europeus, um quarto norte americano e o quarto restante espalhado pelo mundo.

2.5.5 Restrições gerais

Além das restrições específicas, o Parlamento Europeu (2002) considera que a melhor forma de reduzir o nível de ruído nos aeroportos seria uma combinação de fatores tais como: um quadro de tarifação eficiente, que considere o ruído das aeronaves; um regime efetivo de faixas horárias que leve em conta critérios ambientais, principalmente o horário noturno; medidas eficazes para aliviar o congestionamento nos principais aeroportos, incluindo uma melhor distribuição do tráfego aéreo entre eles; incentivos a maior utilização de serviços ferroviários de alta velocidade para percursos menores e restrições aos vôos noturnos.

A figura 11 mostra que o número de restrições nos aeroportos vem aumentando, principalmente, na última década. Procedimentos operacionais como decolagens com razão de subida mais elevadas e aterrissagens íngremes, são os procedimentos utilizados em maior número de aeroportos.

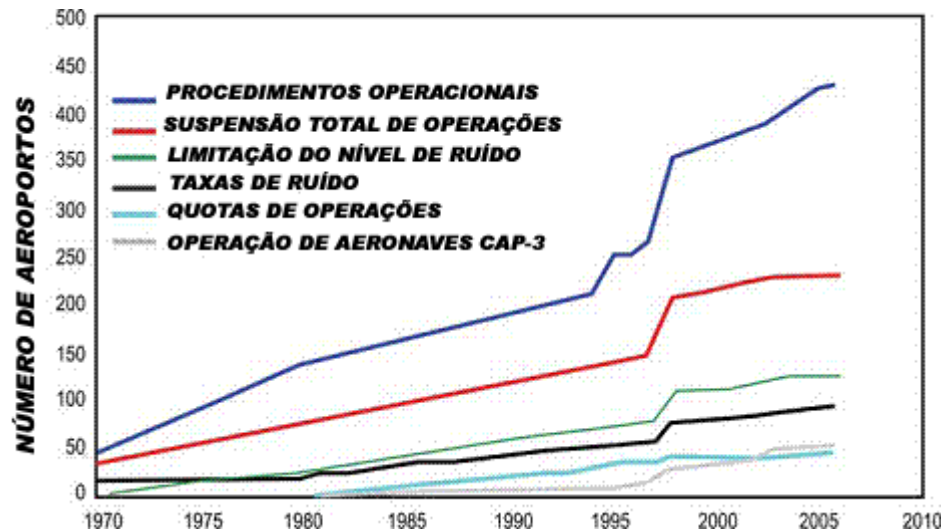


Figura 11 - Número de aeroportos por tipo de restrição

Fonte: Adaptado de Boeing Co, 2006

2.6 PROGRAMAS DE MODELAGEM DO RUÍDO

O principal método de avaliação do ruído ambiente é através da modelagem computacional. As modelagens são ótimas ferramentas para avaliação do impacto do ruído em torno de um determinado aeroporto; avaliar o impacto sonoro referente à construção ou ampliação de uma pista de pouso, bem como avaliar o impacto resultante de uma nova demanda do tráfego aéreo ou de novos procedimentos operacionais.

A metodologia básica consiste na determinação de uma rede de pontos de mesma intensidade sonora ao nível do solo em torno de um aeroporto. Para atendimento das normas internacionais os programas de modelagem determinam a média de ruído diária, considerando todas as operações de aeronaves por um período de um ano.

A maior vantagem de uma modelagem está no seu custo, pois uma avaliação dos contornos sonoros de um aeroporto a partir de medições acústicas reais é um processo caro, devido à exigência de equipamentos sofisticados, e meses de acompanhamento intensivo em centenas de pontos de medições.

Uma das ferramentas mais utilizadas para calcular o efeito sonoro produzido pelas aeronaves durante as operações de pouso e decolagem é o modelo Integrated Noise Model (INM), proposto pela Federal Aviation Administration (2007), de ampla difusão mundial, também utilizado pelos órgãos governamentais do Brasil.

A avaliação do ruído das aeronaves perto dos aeroportos está, há muito tempo, associado aos programas computacionais por ser o seu cálculo muito trabalhoso e complexo. Existe um grande número de programas baseados em diversos modelos de cálculos sendo utilizados em vários países. Segundo Krebs et al. (2008), com a existência de diferentes programas utilizando diferentes algoritmos, uma questão a ser analisada é se estes programas, para os mesmos dados iniciais, levam a um mesmo resultado. Além do mais, a maioria dos programas computacionais são ajustados para representar uma situação real através de parâmetros específicos que exercem uma grande influência no resultado final. Como recomendação aos urbanistas de aeroportos suíços, propuseram um programa denominado SANCTE (Swiss Aircraft Noise Calculation Test Environmental), tendo por objetivo elaborar um teste normatizado para comparar os resultados do ruído aeronáutico obtidos por programas computacionais.

Outro fator importante é o cuidado com os dados de entrada no programa, pois os resultados podem apresentar erros que são ampliados. Estes resultados errados acontecem porque os programas são muito sensíveis a fatores relacionados ao peso e à trajetória das aeronaves. Clemente et al. (2005) citam que um erro de 10% na variável de entrada “peso da aeronave” proporciona um erro entre 3 e 7 dB, enquanto outros parâmetros como a posição do ângulo do flap da aeronave modifica os resultados em apenas 1dB.

Com relação ao INM, Asensio et al. (2007) afirmam que ele é o software mais utilizado internacionalmente para calcular o nível de ruído perto dos aeroportos. Salientam, porém, que o programa não considera o ruído proveniente das operações de taxiamento de

aeronaves, que em alguns casos pode ser relevante na avaliação global do ruído. Comentam, também, que existem vários modelos para prever o ruído proveniente do tráfego rodoviário e aeronáutico, mas não existe um modelo específico para o taxiamento de aeronaves no solo, neste caso, a Comissão Européia recomenda calcular o ruído como se fosse proveniente de uma fonte industrial.

2.7 INCÔMODO NAS COMUNIDADES

O ruído exerce diversos efeitos nas pessoas, dependendo das experiências individuais de cada um e da sua rotina diária. De acordo com a ECAC (2005), os efeitos podem ser divididos em duas grandes categorias: efeitos comportamentais, que interferem com o ritmo de vida normal, e efeitos fisiológicos, incluindo até possíveis problemas de saúde. Por outro lado, os efeitos comportamentais também podem ser divididos em três níveis. O primeiro está relacionado a distúrbios em geral, tais como: distração no trabalho ou nas atividades mentais, interferência na conversação, interferência nas tarefas diárias e interrupção do sono. No segundo, surgem as respostas indiretas aos distúrbios de diferentes espécies, como a irritação. Já o terceiro está relacionado à reclamações individuais e também às reações coletivas que incluem protestos comunitários vigorosos. Dentre os efeitos fisiológicos à saúde, pode-se incluir a diminuição da audição e riscos ao bem estar fisiológico e psicológico. À perda da audição está relacionada, principalmente, a exposição ao som em níveis elevados e dificilmente está relacionada ao ruído produzido por aeronaves nas vizinhanças dos aeroportos. Diferentemente, é reconhecido que o ruído, mesmo em níveis menores, pode causar uma variedade de efeitos biológicos.

Os efeitos do ruído no homem tem sido extensivamente pesquisados, particularmente no que se refere a estabelecer relações entre a quantidade de ruído e a severidade da extensão de seus efeitos. Quanto às reações comportamentais, estas são essencialmente subjetivas e

sensíveis a fatores sócio-psicológicos não acústicos, como atividade, bem estar, familiaridade com o ruído e expectativa ambiental. Estes fatores normalmente mascaram e confundem as correlações entre ruído e seus efeitos, dificultando o entendimento do problema.

Com o desenvolvimento da tecnologia das aeronaves a jato na década de 1950, teve início o interesse sobre a exposição ao ruído devido aos meios de transportes, dando início aos estudos científicos relacionando as reações comunitárias ao ruído aeronáutico nas imediações dos aeroportos e, mais tarde, para outros tipos de transportes, como o rodoviário e ferroviário.

O conceito de “comunidade irritada” foi desenvolvido para designar um termo que descrevesse a reação ao ruído de toda uma comunidade, com relação à degradação do ruído externo e interferência com as atividades internas. Como as reações normalmente têm um tempo de maturação, o conceito leva em consideração um prazo longo de exposição regular.

O trabalho de maior repercussão foi publicado por SCHULTZ (1978). Neste trabalho ele resumizou 11 pesquisas sobre as reações comunitárias em diversos países para vários tipos de transporte. Utilizando 161 pontos, elaborou um gráfico relacionando o nível do ruído do ambiente com a reação da comunidade denominada “muito irritada” (HA, highly annoyance). O resultado foi o desenvolvimento de uma curva polinomial de 3ª ordem, apresentada na Figura 12.

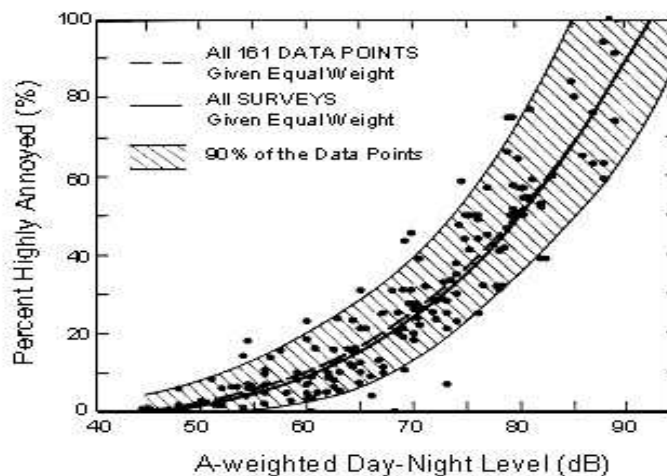


Figura 12 - Curva original de Schultz (1978)

Mesmo passados vários anos, este trabalho ainda continua como referência em vários países, em estudos que necessitam descrever a reação comunitária às fontes de ruído do transporte aeronáutico, rodoviário e ferroviário.

Treze anos depois, Fidell e Barber (1991) fizeram uma compilação maior, incluindo mais 292 pontos ao trabalho original de Schultz e publicaram um artigo comparando a curva original com a atual. Este trabalho foi muito combatido por diversos pesquisadores, devido à significativa dispersão de dados. Além disso, foi observado um nítido “viés” entre os tráfegos aeroaviário, rodoviário e ferroviário, que não foi considerado.

Dando continuidade aos debates sobre as metodologias aplicadas nas pesquisas, Finegold et al (1994) fizeram uma nova análise dos dados de Fidell e propuseram, em vez de uma curva única, estabelecer curvas distintas para cada tipo de transporte. Na Figura 13 pode-se verificar que o ruído aeronáutico é considerado pelas comunidades, muito mais irritante que o ruído produzido pelo tráfego rodoviário e ferroviário, para um mesmo nível de sensação sonora.

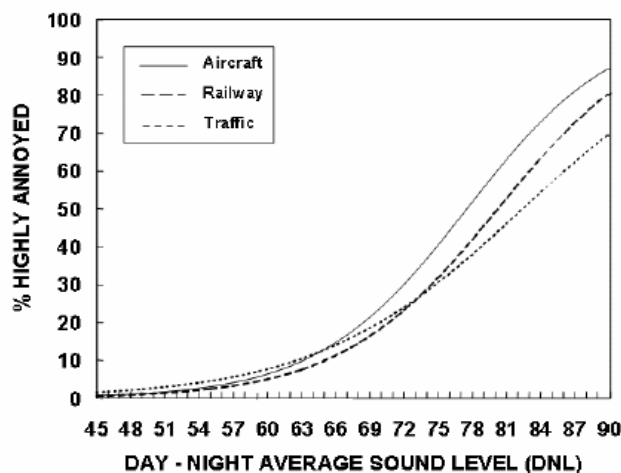


Figura 13 - Curvas relacionando Ldn e percentagem de pessoas irritadas

Miedema e Vos (1998) continuaram pesquisando o tema, utilizando os dados das 11 pesquisas de Schultz, os dados das 10 pesquisas de Fidell e somaram mais outros 34 dados.

Também propuseram três diferentes curvas de reações de incômodo, uma para cada tipo de transporte. Concluíram, também, que o ruído aeronáutico é o mais irritante que de outras fontes, rodoviário e ferroviário, para uma mesma dosagem.

Já com as pesquisas relacionadas aos efeitos do ruído aeronáutico sobre os distúrbios do sono, a Federal Interagency Committee on Noise (FICON, 1992), recomendou um gráfico de dose-resposta para previsão da percentagem da população exposta aos despertares em função do nível de ruído. Entretanto, após esta recomendação, substanciais pesquisas de campo na área de distúrbios do sono foram realizadas. Os resultados destes estudos mostraram um consistente padrão em que o número de despertares estava menor em relação ao estudo original, cujos dados eram baseados, principalmente, em estudos de laboratório. Então a Federal Interagency Committee on Aviation Noise (FICAN, 1997), que substituiu a antiga Agência, avaliou as novas pesquisas e revisou a curva conforme a apresentação da Figura 14.

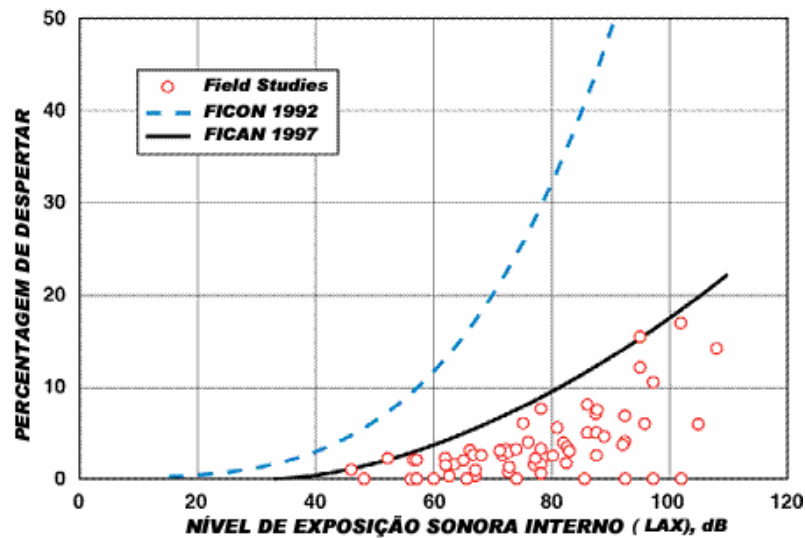


Figura 14 - Relação entre Nível de exposição e percentagem de despertares

Fonte: Adaptado de FICAN (1997)

Além dos fatores físicos, igualmente importante, são os fatores que controlam atitudes e suscetibilidades, já que o ruído particularmente irritante depende muito do sentido que ele proporciona para quem ouve. Às vezes, a preocupação com a fonte de ruído pode causar mais irritação do que a própria exposição ao ruído.

Entre os fatores que têm influência na resposta a um ruído pode-se incluir o horário, como por exemplo, o período noturno na situação de interrupção do sono ou período diurno, no que se refere à interferência na conversação. Hume et al (2003), investigando o número de queixas no Aeroporto de Manchester na Inglaterra, verificaram, como já era de se esperar, que seu número era bem maior no período compreendido entre 23h e 6h, numa proporção de cinco vezes. Verificaram, também, que o pico das reclamações estava compreendido entre 1h e 2h, e o período de menor número de queixas compreendia o período da manhã, no horário entre 8h e 9h.

Outro estudo realizado por Hume et al (2002), no mesmo Aeroporto de Manchester, verificou a existência de uma pré-disposição ao ruído e maior sensibilidade ao movimento de aeronaves, tendo em vista que, num total de 2072 queixas anotadas em 1998, 594 foram realizadas individualmente, enquanto a maioria das queixas foi feita uma ou duas vezes pelo mesmo indivíduo e que, somente 3 pessoas foram responsáveis por 41 % do total das reclamações.

O tempo de exposição e nível máximo também tem um fator preponderante, mas depende do contexto onde está inserido. Em um estudo sobre os efeitos causados na população por exercícios militares de curta duração na Noruega, Gjestland (1995) verificou que durante estes exercícios o nível de ruído aumenta na média 6 dB(A). Aplicando extensivos questionários durante e após os exercícios, com 2 a 3 meses de duração, os resultados indicaram que as reações gerais não são alteradas por curtos períodos, mesmo existindo um incremento de exposição ao ruído. Rylander (1997), em um estudo sobre

exposição em pequenos e médios aeroportos, observou que o grau de incômodo não sofria influência em função do nível máximo de ruído.

Outro parâmetro pesquisado são as diferenças sazonais, apresentado por Wongsurawat (2007), utilizando os dados de uma pesquisa sobre as reações da vizinhança com relação à operação da aeronave Concorde no Aeroporto John Kennedy em Nova York. Além de confirmar uma consistente relação entre o número de operações com o número de reclamações, observou também que o número de queixas era mais intenso durante os meses de verão. Sugere que esta elevação esteja relacionada com a temperatura, já que as pessoas nesta época, ficam mais expostas ao ruído porque deixam as janelas abertas e utilizam mais os terraços e áreas externas.

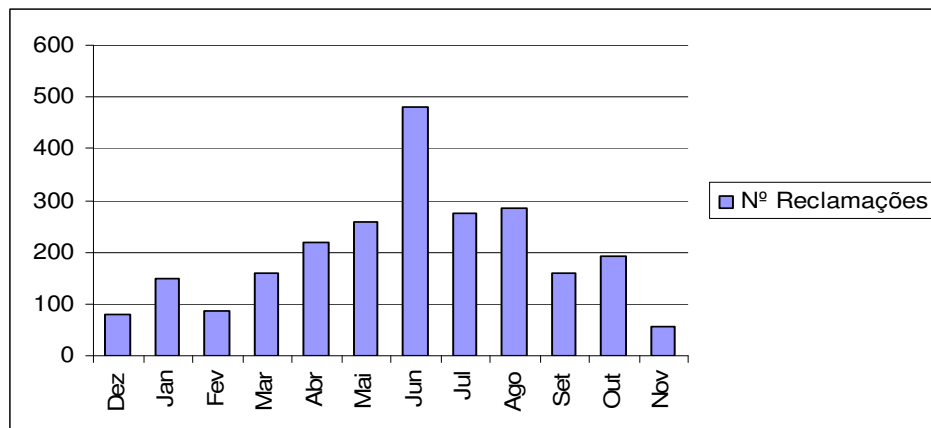


Figura 15 - Número de reclamações durante o ano

Fonte: Wongsurawat, 2007

Um fator que vem sendo muito investigado atualmente é o ruído de fundo. Em estudo de comunidades expostas ao ruído aeronáutico nos aeroportos internacionais de Gimpo e Gimhae, Lim (2008), realizou uma pesquisa com moradores localizados num raio de 100 metros dos equipamentos de medição com finalidade aeronáutica. As áreas próximas ao Aeroporto de Gimpo são setores predominantemente urbanos, localizados nos arredores da capital Seul, enquanto as áreas pesquisadas nas proximidades do Aeroporto de Gimhae, são

explicitamente rurais, formadas por plantações de arroz. O resultado demonstrou que, para o mesmo nível sonoro, o grau de incômodo era mais elevado para os níveis de ruído de fundo menor, assim como o grau de incômodo era menor para níveis maiores de ruído de fundo.

Devido à combinação da influência de fatores acústicos e não acústicos, é difícil detectar a relação sutil entre ruído e resposta. Na prática, as metodologias necessitam de mais consistência para compreender todos os fatores envolvidos, uma vez que os efeitos na comunidade como um todo só pode ser descrito em termos estatísticos gerais e a exposição ao ruído poderá ser comumente definida a longo prazo.

Dificuldades em comparar o resultado de estudos têm interferido no processo sobre à análise do ruído nas comunidades, gerando sérios problemas de compilação nas pesquisas ambientais. Numa tentativa de padronizar os diferentes conceitos, Fields et al (1997), num esforço de 3 anos de trabalho conjunto entre pesquisadores de 12 países, propuseram um guia padrão, com 18 tópicos, para 3 níveis de detalhamento para relatar as reações da população.

Guski et al (1999) fizeram um estudo com 68 pesquisadores para fazer uma análise de como era visto o conceito de “annoyance”. As análises mostraram enormes diferenças. Em alguns casos, “annoyance” é vista como resultado de distúrbios ou incômodo, em outros casos é vista como a indicação do sentimento de que a pessoa nada pode fazer com relação à fonte geradora de ruído.

Os principais resultados de sua pesquisa foram:

- a) A irritação pelo ruído é o principal efeito do barulho;
- b) A irritação é um conceito psicológico de múltiplas facetas, incluindo o conceito comportamental e aspectos de avaliação;
- c) A existência de dois aspectos muito similares à irritação, que é “nuisance” (incômodo) e “disturbance” (perturbação);

- d) Embora a irritação pelo ruído esteja relacionada à variações acústicas, estas características não têm papel importante no conceito de irritação e
- e) Embora peritos de diferentes línguas concordem que os componentes principais do conceito de “annoyance”, pode ser descrito como nuisance, disturbance e unpleasantes, esta palavra tem diferenças significativas na língua inglesa, alemã e japonesa.

Para se ter uma idéia da dificuldade de se padronizar as questões, Fields et al (2001), analisando diversos questionários, anotaram somente para a palavra “highly” os seguintes sinônimos: considerably, substantiatly, importantly, significantly, very, strongly, severily, tremendally e extremaly.

Estudos apontam que o melhor indicador sobre os efeitos devido ao ruído aeronáutico é o grau de irritação das comunidades, já que os impactos causados pelo ruído das aeronaves são de períodos longos e estão relacionados à exposição de valores médios, porém de longa duração.

Com relação ao ruído produzido por helicópteros, Waddington et al (2008) afirmam que nas respostas das comunidades, além do fator acústico, pode-se também atribuir fatores sociológicos, como por exemplo, o risco ao perigo da fonte de ruído e a dificuldade em reconhecer os órgãos responsáveis para proceder queixas ou denúncias. Constataram numa série de estudos nos últimos 30 anos, que uma grande parcela da população é mais sensível ao ruído de baixa frequência, e que os helicópteros são de 10 a 15 dB(A) mais irritantes que as aeronaves de asa fixa, para o mesmo nível de ruído medido.

Leverton e Pike (2007) sustentam a tese de que as propriedades específicas do som do helicóptero não são explicadas por processos convencionais de classificação e são essas propriedades que estão entre as principais fontes de irritação por parte das comunidades.

2.8 NORMAS E LEGISLAÇÃO

A ICAO é a Organização internacional para cuidar da aviação civil, mas foi a FAA (1983), nos Estados Unidos, que iniciou os estudos entre a compatibilidade entre o aeroporto e as áreas urbanas limítrofes. Entre as ações já constavam limitar a emissão de ruído para as novas aeronaves e a revisão dos processos ambientais para o desenvolvimento de novos projetos aeroportuários. Com relação ao aspecto ambiental, a ICAO apenas faz recomendações de ações e métodos a serem seguidos. Um exemplo foi a Diretiva 2002/30//CE (2002) do Parlamento Europeu, que estabeleceu diversas restrições operacionais nos grandes aeroportos, sinalizando que o desenvolvimento sustentável deve ser um parâmetro primordial para a política de transporte. A França, através do Decreto nº 2002-626 (2002), estabeleceu um plano bem elaborado sobre a exposição ao ruído no código urbanístico junto aos aeroportos. O ponto forte deste documento é de que, além das autoridades aeronáuticas, está previsto também, o acompanhamento de todo o processo por conselhos municipais e organismos públicos e privados ligados às suas áreas de interesse.

Apesar da existência de uma ampla normativa sobre os problemas ambientais ocasionados pela contaminação acústica, muitos aeroportos europeus apresentam flagrantes problemas de compatibilidade entre o aeroporto e suas áreas residenciais adjacentes. Na ilha mediterrânea de Palma de Mallorca, pertencente à Espanha, estima-se uma população de 45000 pessoas afetadas pelo ruído de alta intensidade (PONS, 2004). O problema é que nem mesmo uma desapropriação privada seria uma boa solução, já que a maioria mora junto à praia, e não está disposta a se mudar.

Com o intuito de controlar a emissão do ruído aeronáutico, foram criadas leis internacionais na década de 1960, que impuseram normas específicas para limitar a emissão na fonte. Desde a introdução das aeronaves a jato, no final da década de 50 e início da década

de 60 até os dias atuais, houve uma redução média de 20 dB no nível da emissão de ruído pela turbina na decolagem (Figura 16). O resultado prático é que a área da população afetada cai drasticamente, principalmente nas cabeceiras onde a emissão é mais crítica (Figura 17).

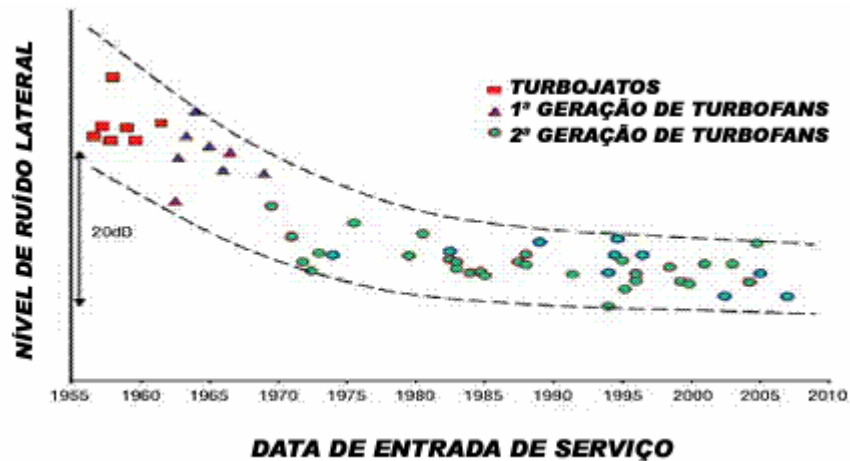


Figura 16 - Nível de Redução de Ruído

Fonte: Adaptado de ICAO, Environmental Report, 2007

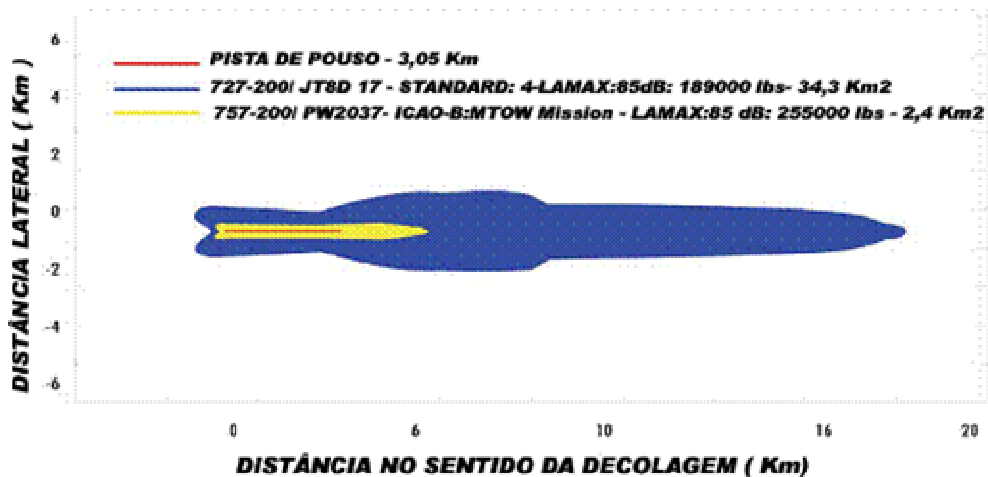


Figura 17 - Comparação entre as áreas afetadas

Fonte: Adaptado de ICAO, Environmental Report, 2007

No Brasil, no ano de 1984, a Aeronáutica elaborou os primeiros Planos de Zoneamento de Ruído com o intuito de ordenar a implantação de construções no entorno dos principais aeroportos do país na época, em função do ruído aeronáutico. Mas foi somente no ano de 1987, através de uma campanha nacional junto às Prefeituras, que os Planos definidos pela Portaria Ministerial nº 1141/GM5 (1987) tornaram-se conhecidos e aplicados.

Esta legislação define os traçados das “curvas isofônicas” denominadas Curva de Nível de Ruído 1 e 2. Estas curvas são traçadas a partir dos pontos nos quais o nível de incômodo sonoro é igual a um valor predeterminado, estabelecidos de acordo com a classificação da pista de pouso do aeródromo, delimitando três áreas diferentes, dimensionadas principalmente em função do tipo da aeronave e número de operações (Figura 18). De acordo com a ABNT -12859 (1993), a Curva de Ruído 1 corresponde ao IPR 60, e a Curva de Ruído 2, ao IPR 53. Portanto, a Área 1 é a região interna à curva de 60 IPR; a Área 2, a região externa à curva de 60 IPR e interna à curva de 53 IPR; e a Área 3, a região externa à curva de 53 IPR.

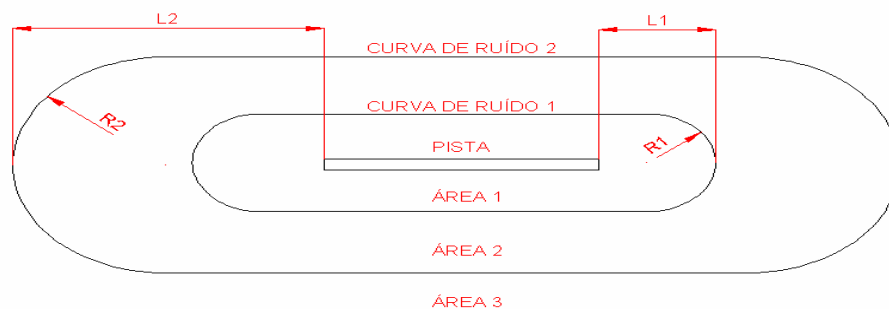


Figura 18 - Curvas de Nível de Ruído e respectivas Áreas

Para efeito de aplicação do Plano, as pistas são classificadas nas categorias I, II, III, IV, V e VI na qual exista ou esteja prevista, num período de até 20 anos, os parâmetros da Tabela 7. Para as pistas de Categoria I, será obrigatória a elaboração de um Plano Específico

individual, a partir dos dados operacionais do aeroporto e das aeronaves que o utilizam. Para as demais Categorias, será elaborado um Plano Básico em função da categoria da pista de pouso e movimento de aeronaves.

Tabela 7 - Parâmetros relacionados a Categoria de Pista

Fonte: Comando de Aeronáutica

	TIPO DE AVIAÇÃO REGULAR	DENSIDADE	Nº DE OPERAÇÕES ANUAIS	Nº DE OPERAÇÕES NOTURNAS
Cat 1	Grande Porte	Alta	= ou > 6000	> 2
Cat 2	Grande Porte	Média	< 6000 < 3600	< 2 = ou < 2
Cat 3	Grande Porte	Baixa	< 3600	-
Cat 4	Médio Porte	Alta	> 2000	> 4
Cat 5	Médio Porte	Baixa	< 2000	= ou < 4
Cat 6	Pequeno Porte	-	-	-

Os parâmetros para elaboração das curvas 1 e 2 do Plano Básico, estão especificados de acordo com a Tabela 8 e terão como unidade de avaliação de incômodo sonoro o Índice Ponderado de Ruído (IPR).

Tabela 8 - Parâmetros para elaboração de Curvas Básicas

Fonte: Comando de Aeronáutica

CURVA	CATEGORIA DE PISTA	L1 (m)	R1 (m)	L2 (m)	R2 (m)
1	2	1500	240	-	-
1	3 e 4	500	180	-	-
1	5 e 6	300	100	-	-
2	2	-	-	2500	600
2	3 e 4	-	-	1200	400
2	5 e 6	-	-	500	200

Todo o parcelamento do solo localizado no interior do Plano de Zoneamento de Ruído observará as restrições estabelecidas conforme a sua localização.

A Área 1 está localizada mais próxima da pista, onde o nível de incômodo sonoro é mais intenso, podendo inclusive ocasionar problemas fisiológicos. Nesta Área são permitidas algumas atividades, tais como: agricultura, depósitos, garagens e transporte em geral.

A Área 2 está compreendida entre as curvas 1 e 2, onde os níveis de incômodo são menores e permitem algumas atividades de comércio e indústria.

Na Área 3, onde normalmente não são registrados níveis sonoros significativos, são permitidas todas as atividades, incluindo as ligadas à saúde, educação e cultura.

A Prefeitura Municipal de São José dos Campos (1997), em sua legislação sobre a ordenação do território mediante o controle do parcelamento, do uso e da ocupação do solo, incluiu as normas do Ministério da Aeronáutica no que se refere às curvas de ruído no entorno do aeroporto e gabaritos de altura das edificações nas áreas de influência do cone de vôo.

A Figura 19 apresenta as curvas isôfonas do Plano Específico de Zoneamento Ruído estabelecidas no ano de 1984 para o aeroporto.

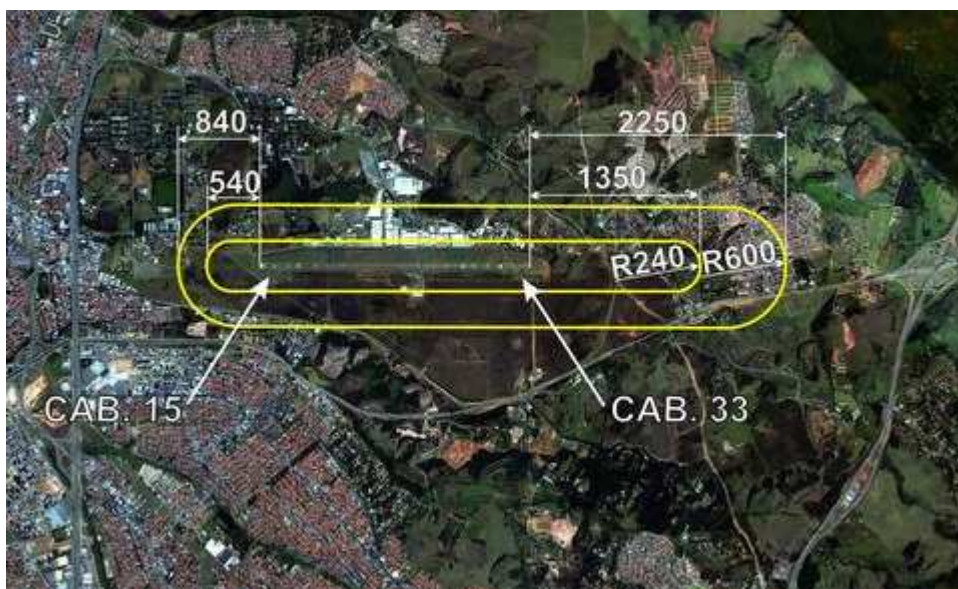


Figura 19 - Curvas de Nível de Ruído do Aeroporto de São José dos Campos

3 AEROPORTO DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

O Aeroporto está localizado no Município de São José dos Campos, no Vale do Paraíba, Estado de São Paulo, local considerado um importante pólo tecnológico do setor de material bélico e aeroespacial. O município possui 62,62% de sua área territorial considerada Área de Proteção Ambiental. Seu clima é úmido, tropical de altitude e as chuvas abundantes vão de novembro a março, correspondendo a 72% do volume anual. A umidade relativa média anual é de 76%, e as massas de ar tropical predominam durante 50% do ano, seguidas pelas de ar frio. Sua temperatura média máxima no verão é 29 °C e sua temperatura média mínima é de 12 °C no inverno.

A topografia é variada e ondulada, com colinas ao norte, terraços e colinas tubulares, onde se encontra a parte urbana da cidade, seguida de serras no Planalto Atlântico, além das regiões alpinas, com altitude de até 2080 metros.

O Aeroporto foi construído na década de 50, inicialmente com pista de terra. Nos anos 70 a pista foi asfaltada e ampliada para 3000 m de comprimento, com capacidade para atender grandes aeronaves para o transporte de carga. O início das atividades da EMBRAER possibilitou a vocação como pista de prova de testes e certificação de aeronaves. O aeroporto está situado próximo ao centro urbano (Figura 20) e consiste, atualmente, de uma área operacional composta por pátios de estacionamento de aeronaves, edificações de apoio e sistema de pistas e equipamentos dentro da área patrimonial militar e um Terminal de Passageiros, na área civil, administrado pela INFRAERO.

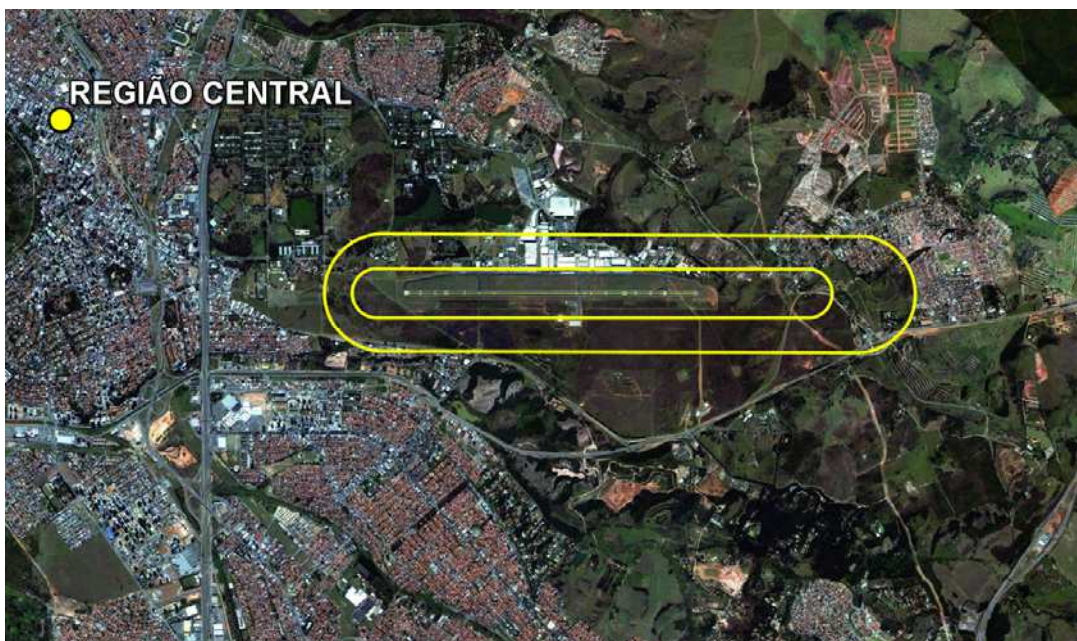


Figura 20- Planta de situação do Aeroporto em relação à região central do Município.
Imagem: Google Maps, setembro de 2008

O centro geográfico da pista de pouso está localizado nas Coordenadas: Latitude 23 13 44 S, Longitude 045 52 16 W, na altitude de 646 metros acima do nível do mar, e suas cabeceiras receberam o designativo 15/33. Está homologada como aeródromo público/militar e habilitada para operações diurnas e noturnas, visuais e de instrumentos.

Para o Comando da Aeronáutica, o Aeroporto está inserido na Área Terminal de São Paulo e tem como objetivo principal, atender aos vôos de Ensaio e Pesquisa. Apresenta como objetivos secundários: atender ao tráfego aéreo regular e não regular de passageiros, não regular de cargas, das empresas de Táxi Aéreo e da Aviação Geral. Estão proibidos apenas os vôos de cargueiros regulares (Portaria N° 821/DGAC, 2004).

A Figura 21 apresenta o Plano de Zoneamento de Ruído delimitado pelas duas Curvas de Ruído.

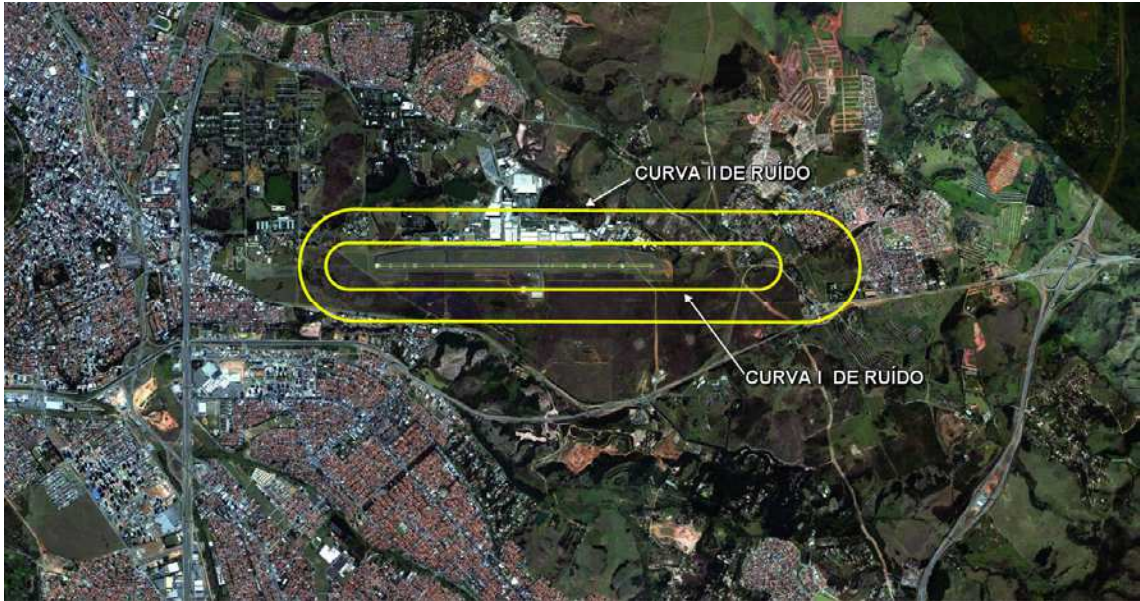


Figura 21 - Plano de Zoneamento de Ruído de São José dos Campos
 Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de São José dos Campos, 2008

Observa-se que as curvas de ruído apresentam maior extensão no sentido da cabeceira 33. Esta maior extensão se explica porque foi previsto para este sentido a maioria das decolagens em função da direção dos ventos predominantes.

Recentemente, a pista teve seu comprimento útil reduzido de 3.000 metros para 2676 metros, ficando uma distância de 324 metros de piso asfaltado, no sentido da cabeceira 33, para os casos emergenciais em vôos de testes.

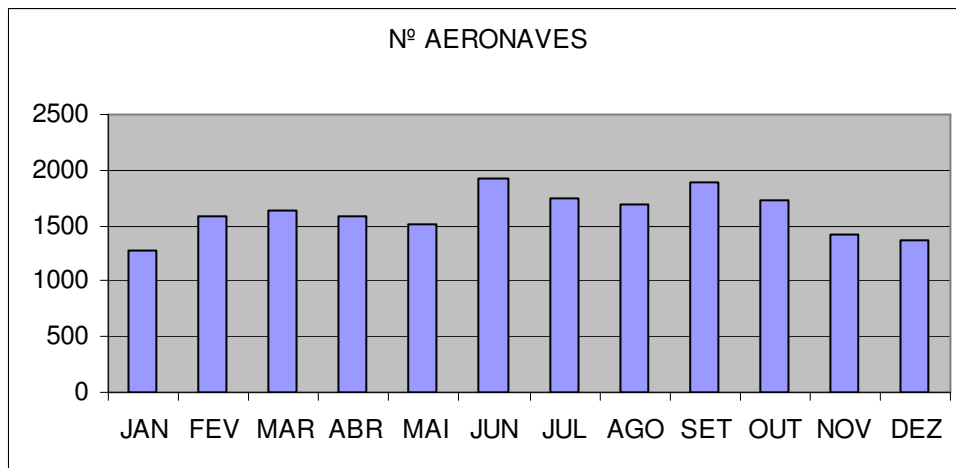


Figura 22 - Movimento mensal de aeronaves no aeroporto em 2008

Mesmo existindo um planejamento ordenado do uso do solo, é muito difícil conter a ocupação urbana. Por isto um atributo importante é que o aeroporto tenha uma grande área patrimonial cercada e protegida. Para visualizar a situação, foi elaborado um desenho (Figura 23), identificando as curvas isofônicas do Plano de Zoneamento de Ruído em relação à área patrimonial do aeroporto de propriedade do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA). Pode-se verificar que grande parte das áreas formadas pelas curvas estão inserida dentro da área patrimonial, 80% da Área 1 e 60% da Área 2. Estes valores representam uma segurança para o aeroporto, já que é mais fácil fazer um planejamento das construções internamente e controlar possíveis invasões.

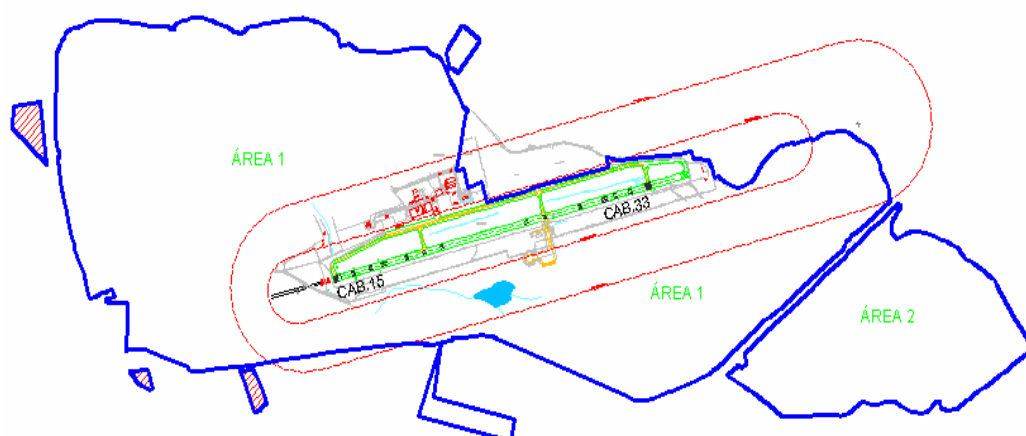


Figura 23 - Área patrimonial do aeroporto

Com o objetivo de melhorar a performance operacional para os pousos na cabeceira 15, foi instalado um auxílio à navegação, denominado Instrument Landing System (ILS), que permite operações com mínimos meteorológicos mais adversos. O ILS é um preciso sistema de instrumentos para pouso, que permite às aeronaves aterrissar em segurança numa pista sobre condições particularmente mais difíceis, como nevoeiro ou de pouca visibilidade. Este sistema eletrônico é composto de equipamentos de rádio transmissores em terra e de

receptores próprios a bordo das aeronaves, criando uma rampa de aproximação com ângulo sempre fixa (Figura 24).

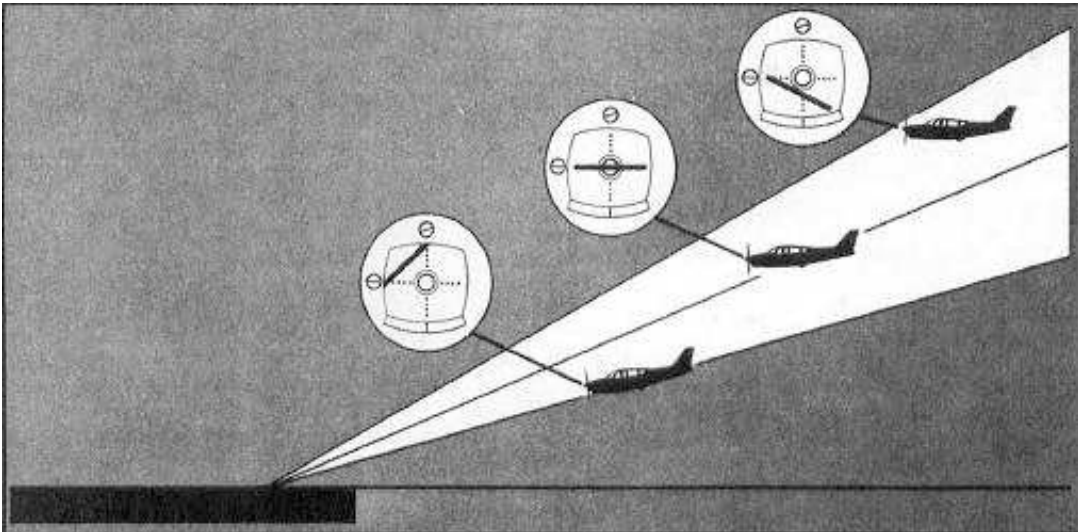


Figura 24 - Rampa típica de descida do ILS (3°)

Este sistema de aproximação por instrumento apresenta um fator importante com relação ao nível de ruído das aeronaves. Como ele prescreve sempre rampas típicas de aterrissagem com um ângulo fixo (3°), não permite para o caso de um voo por instrumento de precisão, flexibilização para aproximações mais altas, que atenuariam o nível de ruído.

Caso o ILS esteja equipado com feixes de luzes para um ângulo maior, então a aeronave poderá realizar uma aproximação mais íngreme, denominada “Steel Approach”, que reduz os níveis de ruído para um observador no solo. Este procedimento operacional para um ângulo de 5,5° vem sendo utilizado no Aeroporto de London City desde 2006.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia consistiu em gerar curvas isofônicas, ou seja, curvas cujo contorno tenha a mesma intensidade de ruído, utilizando o modelo computacional denominado Integrated Noise Model (INM), versão 7.0, desenvolvido pela Federal Aviation Administration, para avaliar o impacto sonoro nas proximidades dos aeroportos, devido ao tráfego aéreo. Depois da geração das curvas isofônicas resultantes do programa INM, foi feita uma comparação gráfica com as curvas delineadas no Plano de Zoneamento de 1984 e, na seqüência, foi realizada uma análise comparativa entre as curvas geradas pelo INM e as curvas inscritas no Plano de Zoneamento.

Na seqüência, foi realizada uma pesquisa de campo, que teve por objetivo conhecer o nível de incômodo sonoro da população devido ao ruído aeronáutico na área de influência do aeroporto. Os resultados da aplicação dos Questionários foram utilizados para auxiliar na análise do nível de impacto sonoro submetidos à população.

4.1 PROGRAMA-INTEGRATED NOISE MODEL (INM)

Este programa é o mesmo utilizado pelos órgãos governamentais brasileiros para gerar as curvas isofônicas dos principais aeroportos.

O programa INM possui uma base de dados operacionais das principais aeronaves fabricadas: ruído, potência e distância (Noise, Power Distance, NPD), aliado por uma base de dados de características espectrais utilizados para o cálculo da absorção atmosférica .

O núcleo dos modelos de cálculos é baseado em documentos elaborados pela Society of Automotive Engineers (SAE)-Aviation Noise Committee (A-21). Este Comitê internacional é composto por instituições de ensino, empresas de engenharia, fabricantes de aeronaves e

agências reguladoras governamentais. Os módulos computacionais também estão em conformidade com outras entidades internacionais, como a International Civil Aviation Organization (ICAO) e European Civil Aviation Conference (ECAC).

O programa INM tem seus algoritmos baseados principalmente nos 5 documentos listados a seguir:

- SAE-AIR-1845 “Procedure for the Calculation of Airplane Noise in the Vicinity of Airports”
- SAE-AIR-5662 “Method for Predicting Lateral Attenuation of Airplane Noise”
- SAE-ARP-866A “Standard Values of Atmospheric Absorption as a Function of Temperature and Humidity”
- ECAC Doc 29 “Report on Standard Method of Computing Noise Contours around Civil Airports”
- ICAO Circular 205 “Recommended Method for Computing Noise Contours Around Airports”

A Norma SAE-AIR-1845 normatiza o cálculo do ruído da operação de uma aeronave para um evento único, utilizando como métrica o LAX, enquanto o ruído acumulado será calculado na métrica Ldn. O desempenho da aeronave será estimado em função de equações que descrevem o método para calcular o LAX em qualquer ponto próximo do solo nas proximidades do aeroporto. O procedimento para o cálculo do ruído para um vôo, bem como, o contorno gráfico resultante da acumulação de diversas operações serão realizadas por computador. O contorno gráfico será formado pela conexão de vários pontos obtidos para um mesmo nível médio de ruído produzido por um período de 24 horas. Neste caso os contornos são calculados a partir de condições de referência para temperatura, altitude e velocidade do vento, baseado nas condições médias anuais dos principais aeroportos do mundo.

A Norma SAE-AIR-5662 normatiza os métodos analíticos para o cálculo da atenuação lateral do nível de propagação do som de uma aeronave, tanto na aterrissagem como na decolagem. Este método contempla os vários tipos de aeronaves e se aplica tanto para as aeronaves que tenham propulsores nas asas, como para propulsores localizados na parte traseira da fuselagem da aeronave. Contempla, também, atenuações da propagação do som para superfícies consideradas “macias” acusticamente, como por exemplo, gramados e campos. Nesta Norma não estão contemplados os cálculos de atenuação lateral para superfícies consideradas “duras”, como é o caso do gelo, água ou áreas pavimentadas, para áreas que possuam grandes construções e para superfícies ou terrenos com significativa ondulação.

A Norma SAE-ARP-866A descreve o método para obtenção dos valores de absorção do som no ar de um sobrevôo de uma aeronave para uma vasta gama de condições de temperatura e umidade. Estes valores de absorção atmosférica serão utilizados para corrigir as diferenças entre a propagação do ruído medido em um sobrevôo específico em relação a um vôo de referência.

O DOC 29 é o resultado de diversas orientações do início da década de 80 da European Civil Aviation Conference (ECAC) sobre modelagem do ruído em torno dos aeroportos. Em 1997, foi introduzida uma segunda versão com pequenas alterações nas equações e algoritmos, sem alterar, no entanto, os fundamentos da metodologia. Mesmo incorporando melhorias na modelagem, a sua aplicação prática era limitada pela falta de exemplos para aplicação prática e de dados de desempenho de aeronaves. Em 2007, porém uma nova versão foi elaborada em dois volumes com as devidas correções, além de incorporar os últimos avanços das técnicas de modelagem.

A Circular-205 foi preparada pelo Comitê de Proteção do Meio Ambiente da ICAO em 1988, tendo como objetivo principal propor as premissas básicas para o cálculo das curvas

de ruído no entorno dos aeroportos. Foram definidas as condições para calcular a propagação e absorção do ruído na atmosfera, as curvas de performance das aeronaves, modelos para medir o nível de exposição sonora e a apresentação de diversas métricas já em uso pelos Estados membros da Organização.

O processo de cálculo do ruído pelo programa INM requer, principalmente, as informações sobre as condições aeroportuárias, tipos de aeronaves, parâmetros operacionais, geometria entre o ponto de um observador e o correspondente segmento de vôo e informações sobre as métricas de ruído.

Com relação aos dados aeroportuários, as seguintes informações fazem parte dos dados de entrada:

- Latitude e longitude do aeroporto;
- Posicionamento das pistas de pouso em relação às coordenadas;
- Elevação da pista de pouso em relação ao nível do mar;
- Média anual da temperatura;
- Média anual da umidade relativa;
- Média anual da pressão barométrica;
- Inclinação longitudinal da pista de pouso.

Na elaboração do cálculo de ruído serão feitas correções correspondentes aos parâmetros climáticos, tendo como valor de referência as condições atmosféricas adotada pela FAA (1992) para a certificação de aeronaves:

- Pressão ao nível do mar: 760 mm de Hg
- Temperatura ambiente: 25° C
- Umidade relativa: 70%
- Velocidade do vento: zero

Com relação ao tráfego aéreo, as seguintes informações deverão ser fornecidas:

- Modelo da aeronave;
- Tipo de operação (pouso ou decolagem);
- Cabeceira utilizada;
- Número de operações para cada período (dia e noite);
- Nível de performance da aeronave;
- Peso máximo de decolagem ou do pouso.

As informações meteorológicas e dados de tráfego aéreo foram fornecidos pelo Comando de Aeronáutica, através do Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de São José dos Campos. Como o programa INM calcula um nível de ruído diário a partir de uma média anual, foram adotados os dados meteorológicos e de tráfego aéreo relativos ao ano de 2008.

A Tabela 9 apresenta um resumo dos principais parâmetros do tráfego aéreo do Aeroporto de São José dos Campos durante o ano de 2008. Os dados foram fornecidos pelos controladores de tráfego aéreo da torre de controle do aeroporto e compilados pelo Setor de Estatística. Procedimento de toque-e-arremetida é a operação que consiste em uma aeronave tocar e decolar de uma pista de pouso, sem parar sobre a mesma ou livrá-la.

Tabela 9 - Dados principais do tráfego aéreo do aeroporto (2008)

AEROVAVES	
Número de operações:	19.349
Operação Cabeceira 15	92 %
Operação Cabeceira 33	8 %
Operação Diurna	90 %
Operação Noturna	10 %
Operação Toque e Arremetida	35%

Fonte: Comando de Aeronáutica

O “mix” de aeronaves que operam no aeroporto está apresentado na Tabela 10. Foram consideradas como “Aeronave Geral”, as aeronaves de pequeno porte, aeronaves da aviação

executiva e de Táxi Aéreo. As aeronaves de transporte regular estão relacionadas ao transporte regular de passageiros realizadas pelas empresas de transporte aéreo.

Tabela 10 - “Mix” de aeronaves que operam no aeroporto

TIPO DE AEROVAVES	
Aeronave Geral	56 %
Aeronave Militar	20 %
Aeronave Transporte Regular	9 %
Helicóptero	12%
Outros	3%

Fonte: Comando de Aeronáutica

A Tabela 11 apresenta os principais dados meteorológicos de 2008. Os dados se referem a valores médios coletados durante todo o ano de 2008, obtidos pelo Setor de Meteorologia, na estação meteorológica localizada no aeroporto.

Tabela 11 - Dados de Climatologia (2008)

DADOS DE CLIMATOLOGIA	
Temperatura	20,2 °C
Umidade Relativa	76,7 %
Pressão	708 mmHg
Velocidade do Vento	7,1 km/h

Fonte: Comando da Aeronáutica

Para o cálculo de performance das aeronaves, o programa utiliza as condições de referência da ICAO, ou seja:

- Condições atmosféricas preconizadas pela International Standard Atmosphere (ISA);
- Altitude da pista ao nível do mar;
- Perfil longitudinal da pista sem caimento;
- Vento de frente até 4,1 m/s;

- Peso de decolagem considerando 85% do peso máximo de decolagem;
- Peso de aterrissagem considerando 90% do peso máximo de aterrissagem;
- Todos os motores em funcionamento;
- Configurações normais da aeronave.

Durante o ano de 2008, 286 tipos diferentes de aeronaves operaram no aeroporto. Como informação de entrada no programa INM, as aeronaves foram agrupadas em 7 classes de nível de ruído, tendo cada grupo, uma aeronave representativa (Tabela 12).

Tabela 12 - Relação de aeronaves inseridas como decolagem no INM

Classe	Aeronave Representativa	Movimento de Aeronaves			
		Cabeceira 15		Cabeceira 33	
		Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
1	Boeing B-737	55	6	6	1
2	Lear Jet - 25	183	20	20	2
3	Boeing B-737-300	980	109	109	12
4	ERJ - 145	198	22	22	4
5	Citation	365	40	40	5
6	ERJ - 120	1590	176	176	20
7	PA-30 Commanche	3530	392	392	224

O nível de ruído processado pelo programa tem como resultado equivalente uma “dose” diária média do ruído para a métrica adotada e calculada através do tráfego aéreo de um ano.

Em relação aos dados do tráfego aéreo do aeroporto, dois fatores importantes devem ser considerados por apresentarem grande peso no resultado do nível de ruído. O primeiro está relacionado à definição das operações noturnas, enquanto o controle aéreo refere-se ao período noturno como uma operação realizada após o por do sol, para o caso do cálculo do ruído, será considerado como voo noturno uma operação realizada após as 22 h, até às 6 h do dia seguinte. O segundo fato está relacionado ao elevado número de operações de “toque” e “arremetida”, computadas em 35%.

Serão utilizados para o cálculo do ruído, somente as operações de pouso e decolagem, bem como, as operações de “toque” e “arremetida”. Não será computado o ruído produzido por helicópteros, pelas operações de taxiamento de aeronaves, operações de manobras no pátio de estacionamento e teste de motores e turbinas.

Os resultados obtidos através do processamento do INM serão os traçados das curvas de mesmo incômodo sonoro para uma métrica adotada, sendo que a curva de nível de ruído é o valor médio do somatório de todos os ruídos produzidos pela operação de aeronaves durante um ano. Tendo em vista que a métrica adotada pelo governo brasileiro para medir o grau de incômodo sonoro, o IPR, não está contido na programação interna do programa INM, será utilizado o Ldn como métrica de saída. Para tanto, os valores do Ldn serão convertidos para IPR através da seguinte equivalência: 75Ldn para 63 IPR e 65 Ldn para 53 IPR (NUNES E SATTTLER, 2004).

O ruído ambiental é freqüentemente avaliado nos Estados Unidos pela métrica Ldn. Recentemente, os países da União Européia também foram convocados para avaliar o ruído pela métrica Lden, que é uma versão muito parecida do Ldn.

4.2 PESQUISA DE CAMPO

A pesquisa quantitativa para apurar opiniões dos entrevistados foi feita através de Questionários aplicados aos residentes em áreas vizinhas ou sobre a influência do aeroporto quanto ao ruído e tendo por base o Plano de Zoneamento de Ruído.

Os Planos de Zoneamento de Ruído editados pelo Comando de Aeronáutica são elaborados em função de duas curvas de ruído, resultando em três áreas distintas. A Área 1, extremamente ruidosa e muito restritiva quanto à presença de habitações, delimitada pela Curva 1, a Área 2, delimitada pelas duas curvas, e uma terceira área, externa à Curva 2,

denominada de Área 3, onde o ambiente é considerado pouco ruidoso, sendo que com relação à reação da comunidade, nenhuma reclamação é esperada.

Como o nível de ruído está relacionado diretamente à distância da fonte geradora, limitou-se a área a ser pesquisada em função desta relação. Foi adotado como fator limitante um parâmetro físico do som, ao qual ele fica reduzido em 6 dB(A) para o dobro da distância da fonte geradora. Desta forma, a Área 3 a ser pesquisada ficou limitada por uma terceira curva, traçada de forma a obter o dobro da distância da Curva 2 conforme pode ser visto na Figura 25.



Figura 25 - Delimitação da Área 3 da pesquisa. Imagem: Google Maps, setembro de 2008

Dentro da área limitante desta pesquisa foram enumerados 19 bairros cadastrados pela Secretaria de Planejamento Urbano do município com uma população estimada de 21.000 habitantes. A Tabela 13 apresenta uma composição de bairros e suas respectivas populações.

Tabela 13 - Número de pessoas residentes por bairro

CENSO 2000- Pessoas / Domicílios				
Região	Pessoas Residentes	Domicílios Particulares Ocupados	Moradores por Domicílio	Bairro
Sudeste	1909	481	3,97	Jd do Lago, Bairro do Putim
Sudeste	3867	929	4,16	Jd Sta Fé, Jd Sto Onofre, Vila Iracema, Vila Rica
Sudeste	3976	943	4,22	Jd São Judas Tadeu
Sudeste	1146	278	4,12	Residencial Jatobá, Residencial Juritis
Sudeste	1222	332	3,68	Conj Hab Polícia Militar
Sul	3035	775	3,92	Vila São Bento, Vila Luchetti, Jesus de Nazaré
Sul	4511	1246	3,62	Vila Nova Conceição, Jd Aeroporto, Vila das Acácias, Vila Letônia, Vila Nair

Fonte: Censo Demográfico 2000/Secretaria de Planejamento Urbano de São José dos Campos

O tamanho da amostra foi calculado para ser representativa de um determinado universo, de modo que seus dados possam ser generalizados e projetados para aquele universo com um grau de confiança. Para tanto, foi adotada a Tabela de Arkin e Colton (1963), resultando em uma amostra composta por 100 entrevistados para uma margem de erro de 10%.

Os participantes da pesquisa foram selecionados de forma aleatória entre os moradores dos 19 bairros cadastrados e divididos em cinco regiões distintas, de acordo com a localização de suas residências, conforme mostra a Figura 26.

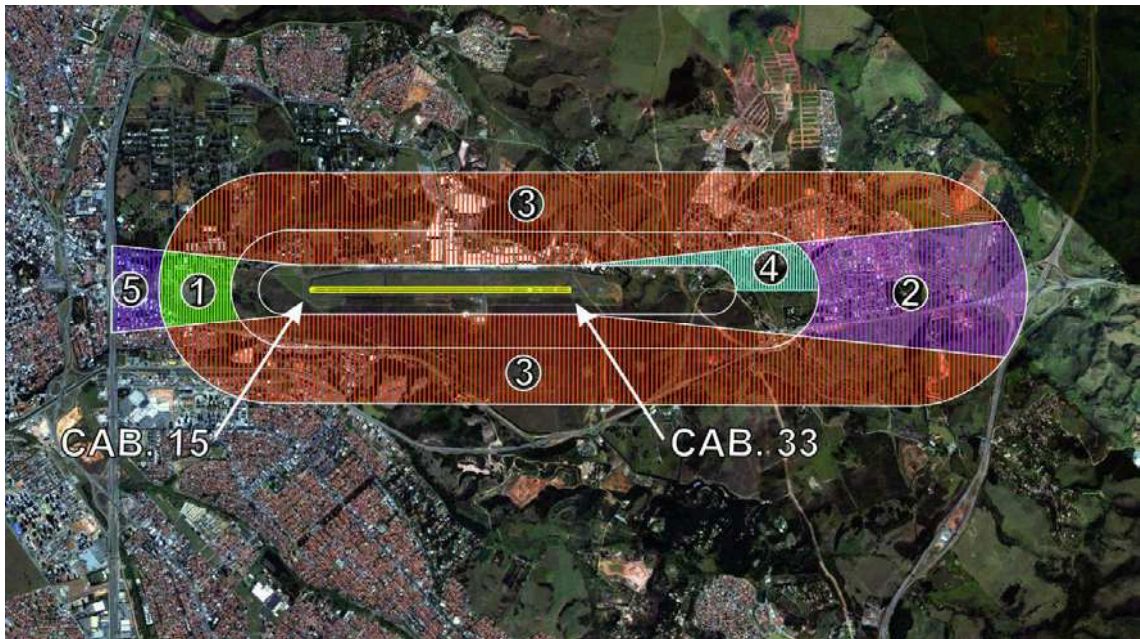


Figura 26 - Região de acordo com a sua localização. Imagem Google Maps, setembro de 2008

- Região 1 - Localizada no cone de aproximação da cabeceira 15, interna à curva 3 (Lado da Via Dutra);
- Região 2 - Localizada no cone de aproximação da cabeceira 33, interna à curva 3 (Lado do Bairro do Potim);
- Região 3 - Localizada nas laterais do aeroporto, interna à curva 3;
- Região 4 – Localizada dentro Plano de Zoneamento de Ruído, constituída por edificações construídas antes da promulgação do Plano de Zoneamento.
- Região 5 – Localizada no cone de aproximação da cabeceira 15, externa à Curva 3, porém sobre a influência da rota das aeronaves.

O Questionário foi elaborado com questões fechadas, sobre qual tipo de fonte de ruído proporciona mais incômodo e qual o período mais crítico. Também foram feitas questões que proporcionam classificar o grau de incômodo gerado pelo tráfego aéreo, bem como, qual tipo de transtorno é provocado nas atividades diárias dos moradores. Finalizando, foram formuladas questões para identificar se a percepção ao incômodo do ruído está relacionada a

outros fatores que não sejam acústicos, como por exemplo, o medo ao risco de acidentes e, também, identificar uma possível percepção do crescimento do nível de ruído.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 RESULTADOS

Como primeiro resultado, foram calculadas as curvas isofônicas através do programa INM para o tráfego atual do aeroporto de São José dos Campos, que estão representadas na Figura 27. As curvas foram calculadas para a métrica Ldn em intervalos de 5 dB(A), e apresentam como valor máximo uma curva com 70 dB(A).

Pode ser observado de que as curvas são bem maiores no sentido da Cabeceira 33, onde acontecem 90 % das decolagens, sendo que a curva referente a 55 dB(A) chega a atingir uma distância de 10 km da cabeceira. Observa-se também que as curvas de 65 e 70 dB(A) estão confinadas na área operacional, muito próximas da pista de pouso.

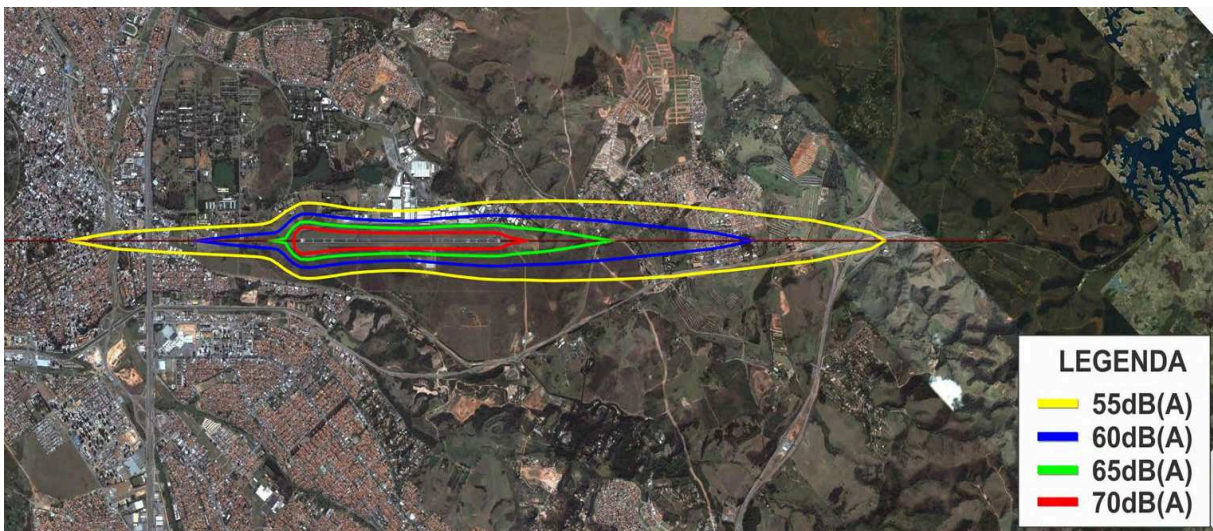


Figura 27 - Curvas isofônicas calculadas em Ldn pelo INM

Quanto à Pesquisa de Campo, foram entrevistadas 129 pessoas correspondendo ao período de 12 de julho a 05 de agosto de 2009.

A Tabela 14 apresenta a idade dos entrevistados. Verifica-se que a maioria (80%) encontra-se na faixa etária entre 21 a 60 anos, divididos em 49% para o sexo masculino e 51% para o sexo feminino (Tabela 15).

Tabela 14 - Idade dos entrevistados

IDADE	ENTREVISTADOS (%)
Até 20	11
21 – 40	35
41 – 60	42
> 61	12
Total	100%

Tabela 15 - Sexo dos entrevistados

SEXO	ENTREVISTADOS (%)
Masculino	49
Feminino	51
Total	100%

Com relação ao tempo de moradia, a Tabela 16 revela que quase 75% são residentes há mais de 5 anos, sendo que não houve entrevistados na Região 1(Tabela 17).

Tabela 16 - Tempo de moradia dos entrevistados

TEMPO DE RESIDÊNCIA	ENTREVISTADOS (%)
Até 5 anos	26
6 - 20	30
> 21	44
Total	100%

Tabela 17 - Local de moradia dos entrevistados

LOCALIDADE	ENTREVISTADOS (%)
Região 1	0
Região 2	22
Região 3	18
Região 4	17
Região 5	43
Total	100%

Com a finalidade de identificar quais as fontes de ruído que mais chamavam a atenção, foi obtido como resposta que o ruído emitido pelo tráfego aéreo é o que chama mais a atenção para 48% dos entrevistados, seguindo de 26% pelo tráfego urbano (Figura 28).

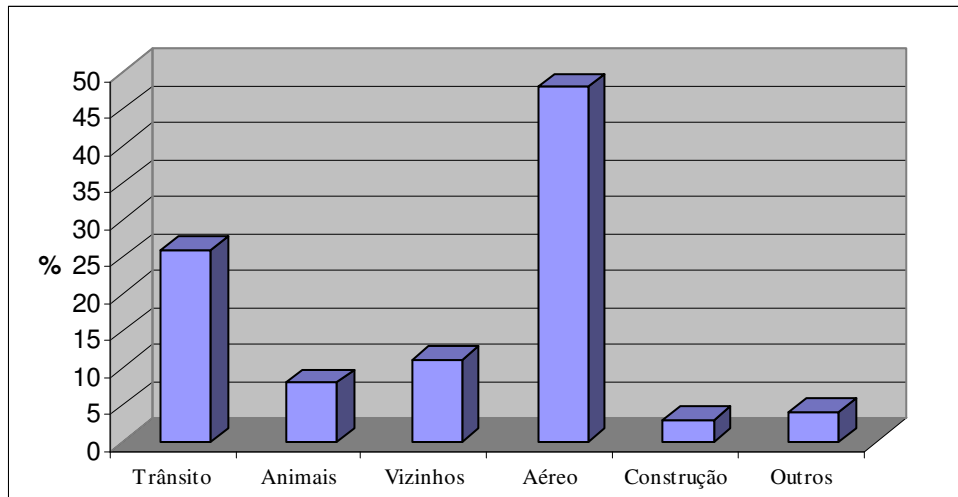


Figura 28 - Tipo de ruído que chama mais a atenção

Questionados sobre qual o ruído que mais incomodava (Figura 29), o ruído emitido pelo tráfego aéreo foi apontado por (42%), seguido também pelo ruído urbano (26%).

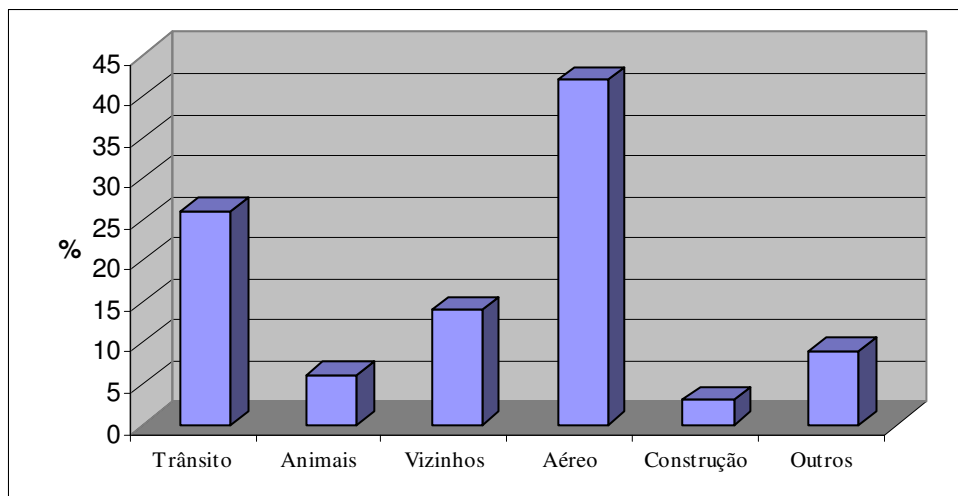


Figura 29 - Tipo de ruído que mais incomoda

Quando questionados em que período do dia se sentiam mais incomodados em relação ao ruído produzido pelo tráfego aéreo (Figura 30), as respostas foram uniformes, porém, com menor número de indicações para o período da madrugada. Cerca de 40% não se sentem incomodados.

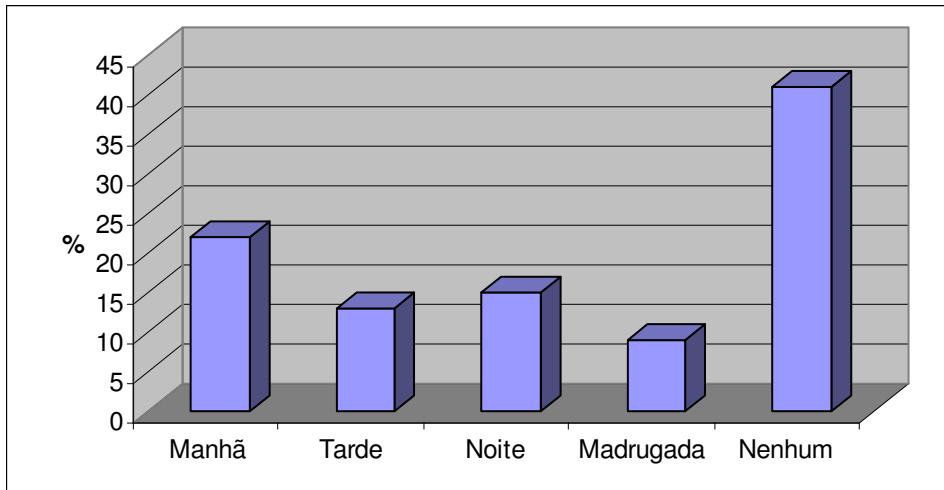


Figura 30 - Período do dia em relação ao tráfego aéreo

Com a finalidade de identificar o grau de incômodo, verificou-se que 80% dos entrevistados se sentiram incomodados para os diversos níveis (Figura 31).

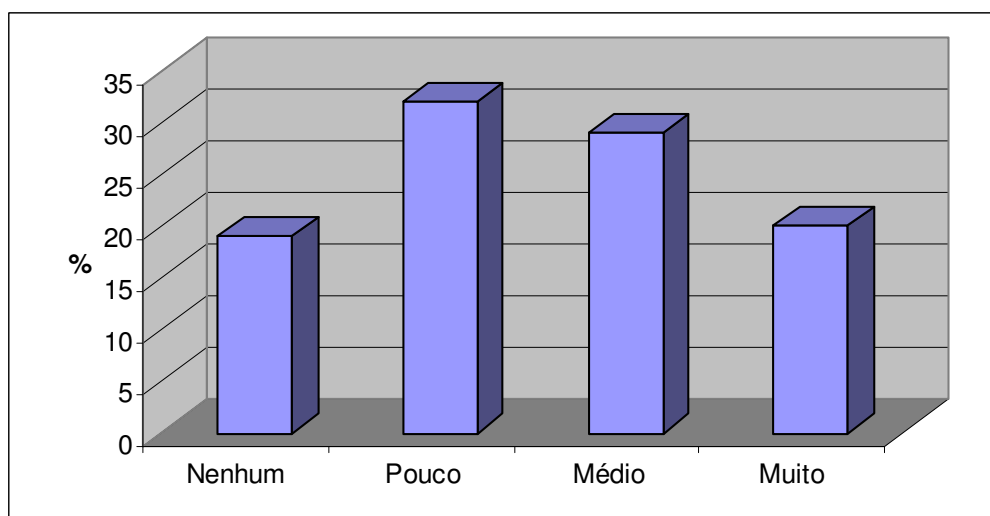


Figura 31 - Grau de incômodo em relação ao tráfego aéreo

Questionados sobre o que incomoda no tráfego aéreo (Figura 32), verifica-se que o ruído foi anotado por 54%, porém chama a atenção o fato de que o risco de um acidente é um incômodo para de 40% dos entrevistados.

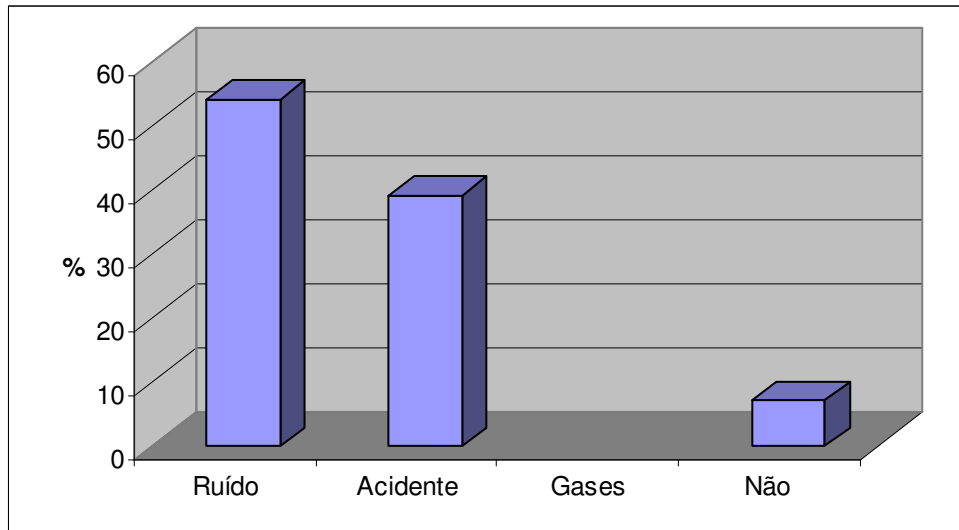


Figura 32 - O que mais incomoda em relação ao tráfego aéreo

Cerca de 63% das pessoas perceberam um crescimento do nível de ruído devido ao tráfego aéreo, indicando uma percepção coerente com o aumento do número de aeronaves (Figura 33).

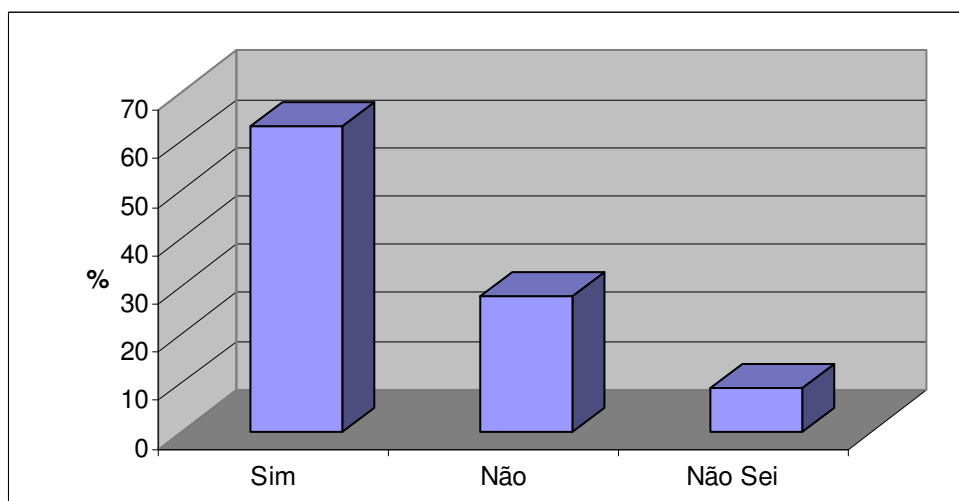


Figura 33 - Aumento do ruído devido ao tráfego aéreo

O ruído das aeronaves de grande porte chama a atenção para 60% dos entrevistados (Figura 34), seguido pelo ruído dos jatos médios. Ressalta-se que o ruído dos jatos militares, considerados pela população como médios, foi o que apresentou maior nível de rejeição.

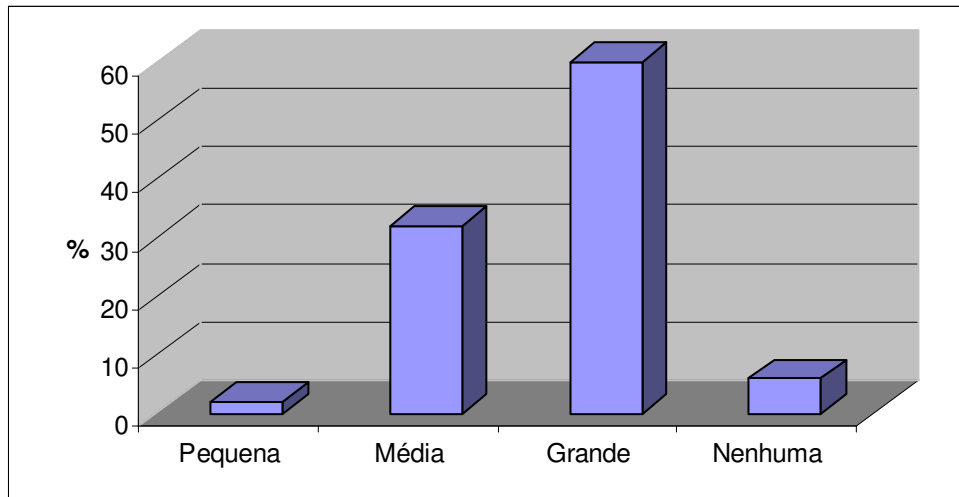


Figura 34 - Tipo de aeronave que chama mais a atenção

Questionados sobre quais transtornos causavam nas atividades diárias, assistir a tv e falar ao telefone foram os mais apontados (Figura 35).

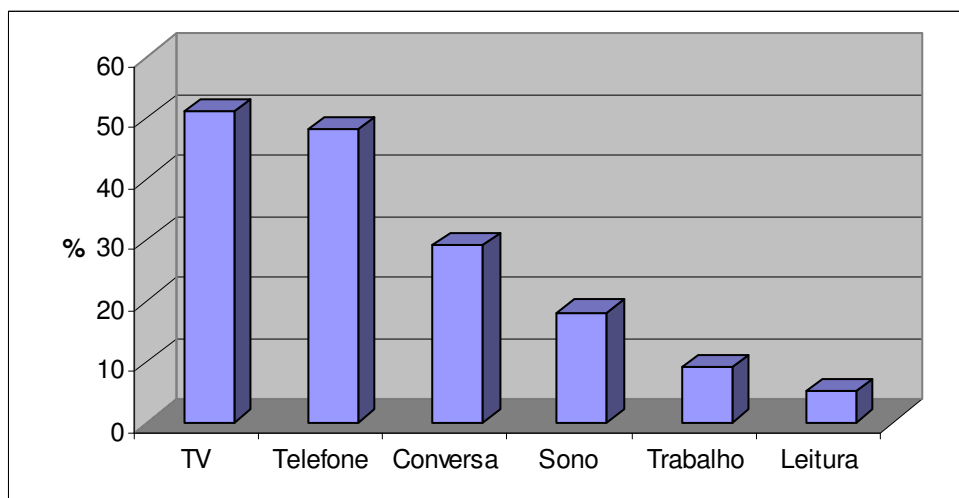


Figura 35 - Tipo de transtorno causado

5.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO

As curvas isofônicas calculadas pelo programa INM na métrica Ldn, para os valores de 70 dB(A) e 65 dB(A), foram convertidas para um IPR de 58 dB e 53 dB. Pode-se verificar pela Figura 36 que estas curvas, estão contidas no interior das curvas isofônicas de mesmo nível de ruído do Plano de Zoneamento de Ruído elaborado em 1984. Vale observar que as curvas traçadas pelo INM para o tráfego atual, ficaram muito próximas da pista de pouso.

Esta situação pode ser explicada porque na elaboração do Plano de Zoneamento estava prevista a operação de aeronaves regulares de grande porte e alta densidade. A densidade da operação de aeronaves regulares de grande porte não ocorreu; apenas 9% do tráfego aéreo de 2008 corresponde a este tipo de operação, além das aeronaves da EMBRAER modelo EMB-190, com pequeno número de operações, que apesar de serem consideradas como aviação geral, apresentam grande porte.

Além da não realização da previsão inicial, outro fator a ser considerado é que nesta previsão de 1984 estavam relacionadas aeronaves antigas com alto índice de ruído.

Portanto, mesmo passados 25 anos, o plano proposto pelo Comando de Aeronáutica atende com folga aos requisitos enunciados na sua legislação.

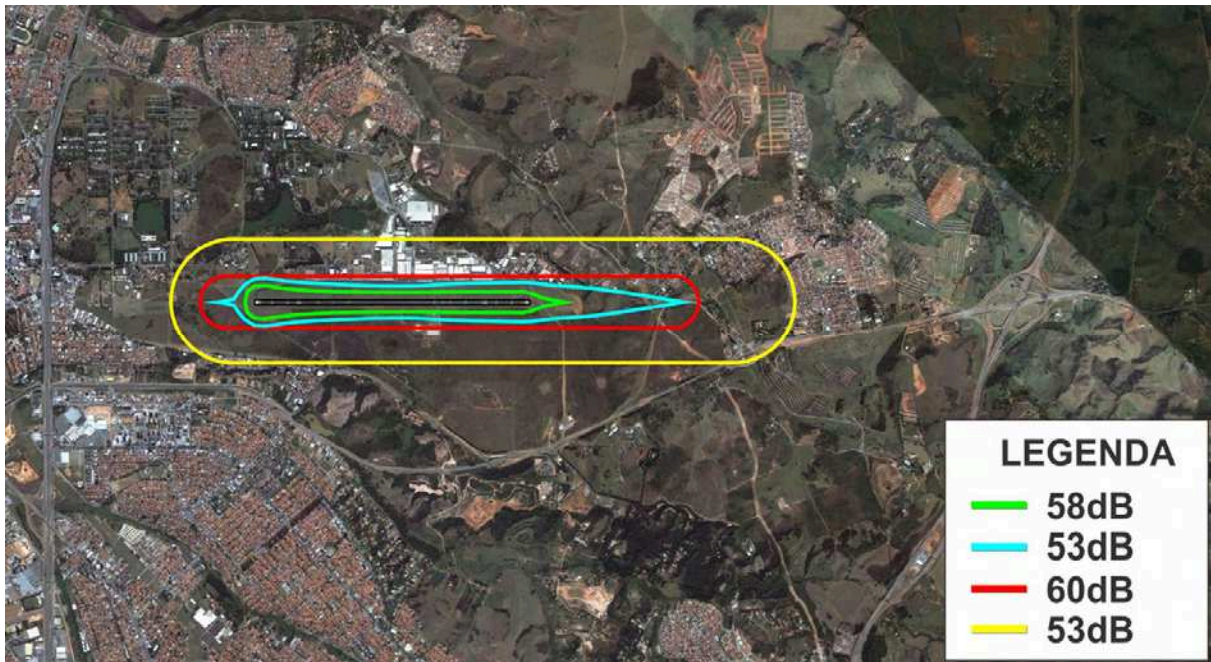


Figura 36 - Comparação entre as curvas isofônicas (Valores em IPR)

Porém, convém salientar que estes limites adotados na legislação do Comando de Aeronáutica são semelhantes aos índices de ruído adotados pelas autoridades militares norte-americanas na década de 50. Nesta época, o objetivo principal, era se defender do incômodo que a comunidade poderia causar através de reclamações vigorosas e ações judiciais. Esta preocupação era bem maior do que propriamente com o incômodo sentido pela comunidade (NUNES E SATTLER, 2004).

Por outro lado, existe atualmente uma tendência na legislação mundial para que as curvas sejam calculadas para um Ldn correspondente a 60 e 55 dB(A), em vez de 75 e 65, tendo em vista que em muitos aeroportos são recebidas queixas significativas para uma exposição em torno de 65 dB(A). Muitos moradores que vivem perto dos aeroportos se queixam do ruído das aeronaves, independentemente de sua moradia estar dentro ou fora do contorno limite. Existem significativas evidências sugerindo que o ruído produzido por aeronaves causa mais desconforto sonoro do que o ruído emitido pelo tráfego rodoviário e ferroviário para o mesmo nível de exposição acústica. Da mesma forma, a World Health

Organization (WHO,1999), considera como aceitável, um índice Leq abaixo de 55 dB(A), por um período de 16 horas para a atividade residencial.

Embora a orientação da FAA seja de que todos os usos do solo são compatíveis para um Ldn abaixo de 65 dB(A), é importante ressaltar que isto não implica que não exista incômodo para esta faixa de ruído.

Na França, a legislação somente permite habitações localizadas numa zona de ruído para um valor de Lden entre 55 a 57 dB(A)-(Lden é uma métrica derivada do Ldn).

Na Inglaterra, o Governo Federal entende que as pessoas estão significativamente incomodadas pelo ruído aeronáutico para um Leq de 57 dB(A). Este valor de Leq = 57 dB(A) é entendido como uma média durante 16 horas.

Wende e Ortscheid (2004), em uma revisão para a Agência Federal de Meio-ambiente da Alemanha, consideram que o incômodo sonoro poderia ser evitado, limitando a exposição ao ruído aeronáutico para 55 dB(A) durante o dia e 45 dB(A) durante a noite. Consideraram, também, que o comprometimento da saúde poderia ser evitado para um limite de 60 dB(A) durante o dia e 50 dB(A) no período noturno.

Schomer (2005), depois de examinar uma extensa quantidade de pesquisas sobre legislação de ruído aeronáutico na língua inglesa, afirma a existência de uma sugestão de um Ldn entre 50 e 55 para ser o valor aceitável para uma comunidade estritamente residencial. Sugere, também, um ajuste de + 5 dB nas curvas isofônicas que avaliam a resposta das comunidades frente ao ruído aeronáutico.

No Brasil, a ABNT-NBR 10151 fixa em 50 dB(A) o nível de conforto acústico para as residências, gerando um conflito com a legislação aeronáutica, que é bem menos restritiva. Para evitar este conflito, Slama et al (2008) sugerem uma revisão da Portaria N° 1141/GM5 do Comando da Aeronáutica que regulamenta o nível de ruído aeroportuário, para que sejam observados os parâmetros adotados pela ABNT. Sugerem, também, nesta revisão, que os

valores de Ldn de 75 correspondente a curva 1 e 65 para a curva 2, sejam reduzidos para Ldn 65 e 58 respectivamente.

É importante ressaltar que estas curvas são elaboradas para valores médios que levam em consideração a intensidade e o tempo decorrido. No entanto, muitas pessoas possuem uma maior sensibilidade para valores máximos. Por isso, além da utilização de uma métrica relativa à exposição sonora média, autoridades francesas de controle do ruído aeroportuário estão considerando a possibilidade de definir um nível máximo de ruído que não poderá ser excedido por qualquer sobrevôo sobre áreas residenciais no período noturno (MUZET, 2002).

A Figura 37 mostra as curvas isofônicas para a aeronave Boeing 737, fazendo uma comparação entre a métrica LMax (Valor máximo) e Ldn (Valor médio acumulado), calculados pelo programa INM. Como a métrica LMax é uma medida instantânea, normalmente em torno de 1 segundo, pode ser observado que esta curva atinge uma área mais extensa, chegando a atingir um nível de 65dB(A) a uma distância de 15 quilômetros da pista de pouso, atingindo até mesmo no setor oeste, o município vizinho. Por outro lado, a curva relacionada com o valor médio Ldn de 65B(A), fica quase que na sua totalidade no setor operacional do aeroporto.

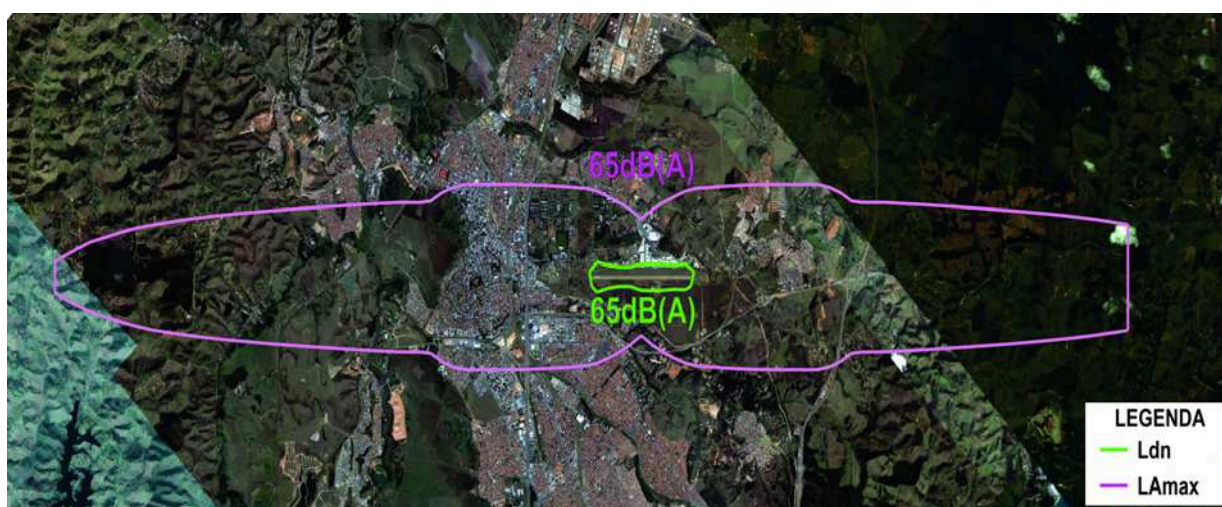


Figura 37 - Comparação entre métricas LMax e Ldn

Outro fator a ser analisado é de que as aeronaves militares possuem os maiores índices de ruído máximo e constituem 20 % das operações do aeroporto de São José dos Campos. As aeronaves militares são normalmente mais ruidosas do que as aeronaves comerciais para um mesmo tipo de evento, principalmente certos modelos que utilizam pós-combustão. Enquanto as aeronaves comerciais por diversos interesses tiveram uma queda consistente do nível de ruído em torno de 3 dB por década, as aeronaves militares continuaram com o mesmo nível de ruído.

A Figura 38 mostra uma comparação entre o “rastros” de ruído emitido por uma aeronave comercial Boeing 737-800 e por um caça militar modelo F-5 utilizado pela Força Aérea. Verifica-se que a área sob a influência para o mesmo nível de energia sonora de 85 dB(A) é de 8 vezes.

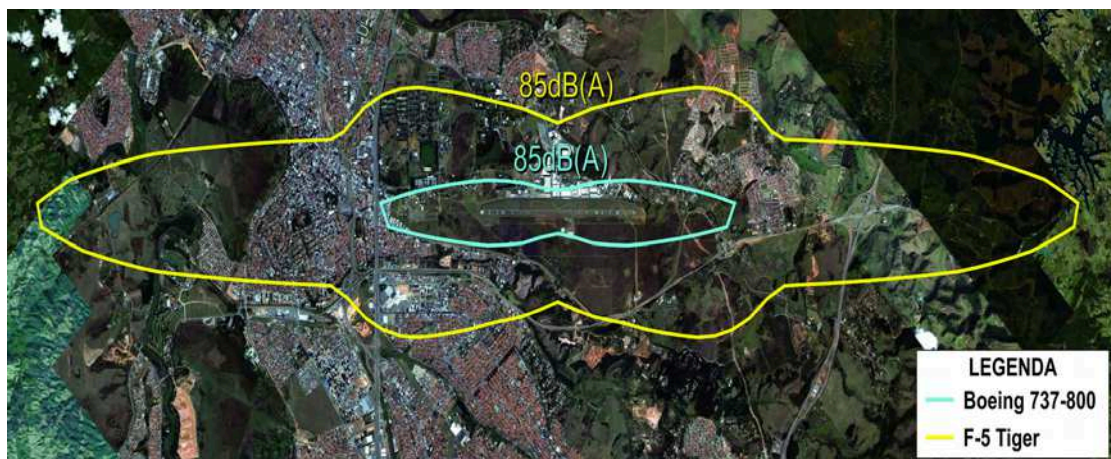


Figura 38 - Comparação de nível de ruído entre aeronave civil e militar. Imagem: Google Maps, setembro de 2008

Ciente do elevado nível de energia sonora emitido por este tipo de aeronave, existe uma recomendação do Controle de Tráfego Aéreo do aeroporto para que as operações realizadas no sentido do centro da cidade (sul-norte), sejam realizadas com curva para a direita, para evitar o sobrevôo sobre áreas densamente povoadas.

Quanto à pesquisa de campo, ela proporciona interessantes informações que auxiliam na análise do ruído no entorno do aeroporto.

A pesquisa mostra que o ruído emitido pelas aeronaves faz parte da rotina diária dos moradores nas áreas pesquisadas. Numa questão em que os entrevistados podiam marcar mais de uma resposta sobre os transtornos causados pelo ruído aeronáutico nas atividades diárias, 70% responderam que sofriam algum tipo de restrição.

As atividades que mais sofreram restrições foram assistir à televisão com um índice de 49%, utilização do telefone (47%) e dificuldade na conversação 26%. Na seqüência, 16% responderam sofrer algum tipo de distúrbio do sono relacionado ao ruído, o que denota um quadro preocupante.

Em uma outra questão sobre o grau de incômodo, mais de 80 % dos entrevistados responderam sofrer algum grau para os diversos níveis (baixo, médio, alto). Foi encontrado um alto grau de incômodo para 18,6 % dos entrevistados e grau moderado para 29,4 %, valores bem próximos encontrados numa pesquisa constando de 1473 questionários, em 36 cidades, por Vincent et al (2000), que foram 18% e 30% respectivamente.

A Figura 39 revela a percepção dos moradores que responderam se sentirem muito incomodados em relação à localização de suas residências. Verifica-se que no cone de aproximação da cabeceira 33, a Região 4 apresenta 28% de incomodados em comparação a Região 2 com 18%. Pode-se notar uma congruência nestes valores tendo em vista que a Região 4 está mais próxima da pista de pouso. No entanto, chama a atenção quando se compara um índice menor de incômodo entre os moradores das Regiões 2 e 5, que estão sobre o efeito dos cones de aproximação de aeronaves em relação aos moradores da Região 3, que estão localizados nas laterais da pista de pouso.

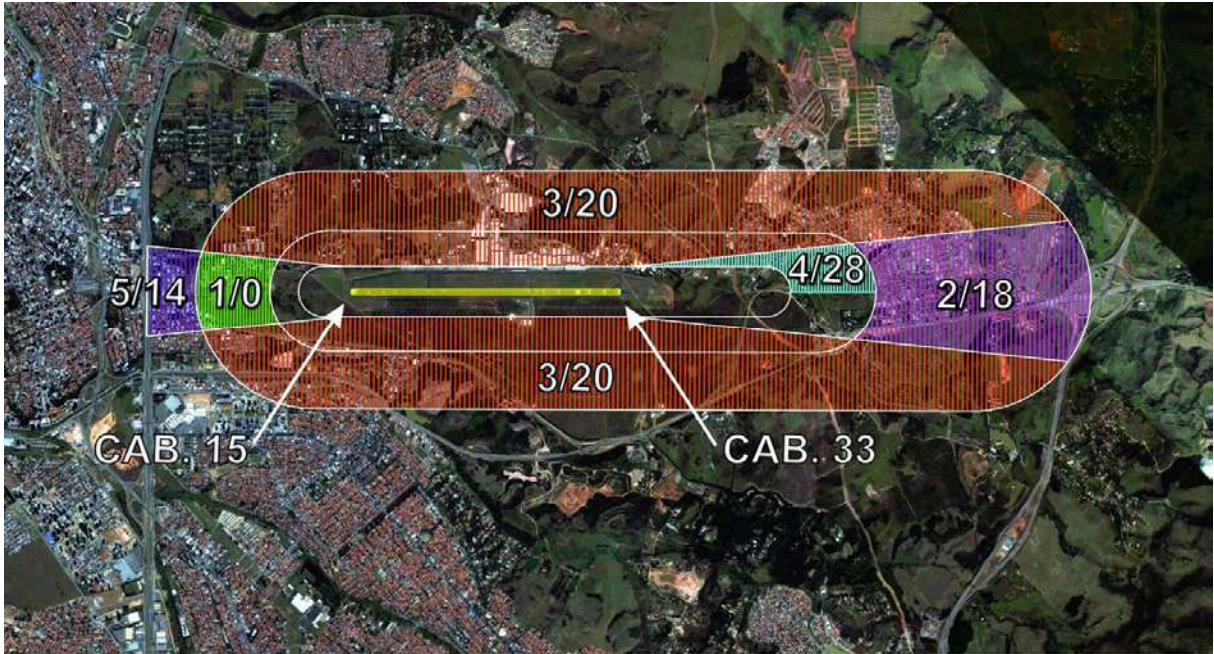


Figura 39 - Grau de incômodo em relação à Região de moradia

O elevado grau de pessoas incomodadas nesta Região pode ser creditado ao fato de que grande parte das operações de aproximação e decolagem de helicópteros serem realizados pelo setor lateral da pista de pouso. Um outro fator relevante deve-se à existência de um pátio de estacionamento de aeronaves, destinado aos testes de motores e turbinas, onde as fontes de ruído ficam direcionadas para estes setores laterais. Estes testes, obrigatórios na primeira operação de uma aeronave, são realizados também, dependendo da necessidade, no período noturno.

6 CONCLUSÃO

Os resultados demonstram que as curvas calculadas pelo programa INM para o tráfego atual estão menores, quando comparadas com as curvas instituídas pelo Plano de Zoneamento de Ruído para o mesmo nível de ruído. Portanto, fica verificado que as curvas isofônicas estabelecidas pela Legislação Aeronáutica no ano de 1984, ainda, atendem ao nível de ruído emitido pelo tráfego aéreo atual.

Desta forma, fica rejeitada a hipótese de que as curvas isofônicas estabelecidas em 1984 estavam subdimensionadas em relação ao tráfego aéreo atual.

Por outro lado, foi identificado pela pesquisa de campo que o ruído emitido pelas aeronaves faz parte da rotina diária da população, sendo que 80% dos entrevistados, responderam sofrer algum grau de incômodo.

Os valores encontrados na pesquisa de campo referente ao grau de incômodo, “incomoda muito” com 18,6% e “incomoda medianamente” com 29,4%, foram bem próximos dos valores encontrados na literatura.

Também ficou demonstrado que o ruído aeronáutico vem causando diversos transtornos nas atividades diárias dos moradores, sendo que as atividades que mais sofreram restrições foram assistir à televisão e utilizar o telefone, afetando assim, a qualidade de vida da população que mora no entorno do aeroporto.

Apesar das curvas isofônicas calculadas serem menores do que as curvas já delimitadas pelo Plano de Zoneamento, o grau de incômodo detectado pela pesquisa de campo nos moradores e os recentes conceitos ambientais internacionais, principalmente, no que se refere aos limites impostos aos níveis de ruído, sugerem uma atualização do Plano de Zoneamento de Ruído do Aeroporto de São José dos Campos.

Nesta atualização, os parâmetros acústicos deverão também levar em consideração, as operações de testes e ensaios das aeronaves militares, o ruído emitido pelos helicópteros, a topografia da região e o levantamento do nível sonoro, através de medições locais.

Ficou comprovado que a metodologia utilizada nesta pesquisa, baseada na utilização do programa INM e aplicação de questionários, mostrou-se adequada para analisar a extensão do impacto sonoro produzido pelas operações de aeronaves na população localizada na área de influência do aeroporto, sendo que o programa INM demonstrou ser uma ferramenta útil quando se trata da necessidade da elaboração de curvas isofônicas.

7 RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES

- Adotar a métrica Ldn, em substituição a métrica IPR, que está prevista apenas na legislação brasileira. A métrica Ldn apresenta a vantagem de ser utilizada diretamente em programas computacionais, além de poderem ser feitas comparações com outros aeroportos, já que ela é adotada por vários outros países.
- Atualizar os limites dos níveis de ruído da legislação aeronáutica para elaboração das curvas isôfonicas, tendo em vista a compatibilização com as normas da ABNT e as recentes abordagens ambientais internacionais.
- Desenvolver procedimentos operacionais para o tráfego aéreo de helicópteros com o objetivo de reduzir o nível de ruído emitido por este tipo de aeronave em áreas residenciais sensíveis à poluição sonora.
- Estabelecer normas específicas para restringir os testes de motores e turbinas no período noturno.
- Ampliar a barreira física do pátio de testes de motores.
- Instalar estações de medição de ruído para compor um banco de dados para elaboração de novas pesquisas.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Avaliação do impacto sonoro gerado por operações aeronáuticas. NBR 12859. Rio de Janeiro, 2p. 1993.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Determinação do nível efetivo de ruído percebido (EPNL) de sobrevôo de aeronave. NB-1240. Rio de Janeiro, 9p. 1998.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Ruído aeronáutico. TB-389. Rio de Janeiro, 10p. 1990.
- ALVES, C.J.P. Transporte Aéreo e Aeroportos. São José dos Campos: ITA, Apostila de Curso. 2007.
- ASENSIO, I.; PAVÓN, I.; RUIZ, M.; PAGAN R.; RECUERO, M. Estimation of directivity and sound power levels emitted by aircrafts during taxiing, for outdoor noise prediction purpose. Applied Acoustics, v.68, Issue 10. p. 1263-1279, 2007.
- BERCKMANS, D.; JANSSENS, K.; VAN DER AUWERAER, H.; SAS, P.; DESMET, W. Model-based synthesis of aircraft noise to quantify human perception of sound quality and annoyance. Journal of Sound and Vibration, v.311, 1175-1195, 2008.
- BISHOP D.E. Judgments of the Relative and Absolute Acceptability of Aircraft Noise. Journal of the Acoustical Society of America. V.40, Number 1. p. 108-122, 1996.
- BISTAFA, S. R. Acústica aplicada ao controle do ruído - São Paulo: Editora Edgard Blucher, 368 p. 2006.
- BRASIL. Comando da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil. Instituto de Aviação Civil. Manual de Gerenciamento do Uso do Solo no Entorno dos Aeroportos .
- BRASIL. Ministério da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil. Comissão de Estudos e Coordenação de Infra-Estrutura Aeronáutica. Métodos de avaliação dos níveis de ruído e incômodo gerados pela operação de aeronaves em aeroportos IAC-4102-0581. 1981.
- BRASIL. Ministério da Aeronáutica. Portaria Nº 629/GM5 de 02 de maio de 1984. Aprova e efetiva Planos Específicos de Zoneamento de Ruído e dá outras providências, 1984.
- BRASIL. Ministério da Aeronáutica. 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 Zoneamento de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea e dá outras providências, 1987.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Departamento de Aviação Civil. Portaria Nº 821/DGAC de 02 de agosto de 2004. Operação de Aeronaves Civis Nacionais e Estrangeiras em Aeroportos situados nas Áreas de Controle Terminal (TMA), do Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte. 2004.

BRUECKNER, J.K.; GIRVIN R. Airport noise regulation, airline service quality, and social welfare. *Transportation Research Part B* 42, p. 19-37, 2008.

BURN M., STUSNICK E., EHRlich G. A comparison of different aircraft noise metrics for large, medium and small airports. *The Journal of the Acoustical Society of America*. V.97, Issue 5, p. 1995.

CLEMENTE J., GAJA E., CLEMENTE G., REIG. Sensitive of the FAA Integrated Noise Model to input parameters. *Applied Acoustics*. v.66, Issue 3, p. 263-276, 2005.

DAMIÃO, D.P.; ROCHA, A. Utilização de Dados de Sensoriamento Remoto no Planejamento Urbano do Entorno de Aeródromos. *Anais IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Santos, Brasil, INPE, p. 897-905, 1998.

DE MARCO, CONRADO SILVA, *Elementos de Acústica Arquitetônica*. São Paulo: Nobel. 1982.

ELLER R.A.G. O ruído aeronáutico como fator de perda de valor dos imóveis residenciais. O caso do Aeroporto Internacional de São Paulo. Tese de Mestrado-Instituto Tecnológico de Aeronáutica. 2000.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Health and Welfare with an adequate margin of Safety. Office of Noise Abatement and Control. EPA Report 550/9-74-004. 1974.

EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. DIRECTIVE 2002/30/EC. On the establishment of rules and procedures with regard to the introduction of noise-related operating restrictions at Community airports. *Official Journal of the European Communities*. L 85/40. 2002.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). Advisory Circular AC 150/5020-1. Noise Control and Compatibility Planning for Airports. 1983.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). Federal Aviation Regulations- Part 36. Noise Standards: Aircraft Type and Airworthiness Certification. 1992.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (FAA). Integrated Noise Model. Version 7.0. 2007.

FEDERAL INTERAGENCY COMMITTEE ON AVIATION NOISE (FICAN). Effects of Aviation Noise on Awakenings from Sleep. Report June. 1997.

FEDERAL INTERAGENCY COMMITTEE ON NOISE (FICON). Federal Agency Review of Selected Airport Noise Analysis Issues. Ft Walton Beach, FL: Spectrum Sciences and Software, Inc, 1992.

FERNANDES, J.C. Apostila de Acústica e Ruídos. Faculdade de Engenharia – Universidade Estadual de São Paulo – Bauru. 2002.

FIDELL, S.; BARBER, D. S. Updating a dosage-effect relationship for the prevalence of annoyance due to general transportation noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, v.89, issue 1, p. 221-233, 1991.

FIELDS, J.M.; JONG, R.; BROWN, A.L.; FLINDELL, I.H.; GJESTLAND, T.; JOB, R.F.S.; KURRA, S.; LERCHER, P.; SCHUEMER-KOHR, A.; VALLET, M. YANO T. Guidelines for reporting core information from community noise reaction surveys. *Journal of Sound and Vibration*, v. 206, Issue 5, p. 685-695, 1997.

FIELDS, J.M.; JONG, R.; FLINDELL, I.H.; GJESTLAND, T.; JOB, R.F.S.; KURRA, S.; LERCHER, P.; VALLET M.; YANO, T.; RESEARCH TEAM AT RUHR UNIVERSITY; GUSKI, R.; FELSCHE-SUHR, U.; SCHUEMER, R. Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys: Research and recommendation. *Journal of Sound and Vibration*, v.242, Issue 4, p. 641-679, 2001.

FINEGOLD, L.S.; HARRIS, H.E.; von GIERKE, H.E. Community annoyance and sleep disturbance updated criteria for assessing the impacts of general transportation noise on people. *Noise Control Engineering Journal*, v.42, p. 25-30, 1994.

FRANCE. Décret no 2002-626 du 26 avril 2002 fixant les conditions d'établissement des plans d'exposition au bruit et des plans de gêne sonore des aéroports et modifiant le code de l'urbanisme. *Journal officiel* du 28 avril p. 529. 2002.

GRAHAM, B; GUYER, C. Environmental sustainability, airport capacity and European air transport liberation: irreconcilable goals? *Journal of Transport Geography*, v.7, p. 165-180, 1999.

GJESTLAND T.; LISJO K.L.; GRANOIEN I.L.N.: Community response to noise from short-term military aircraft exercise. *Journal of Sound and Vibration*, v.182, Issue 2, p. 221-228, 1995.

GUALANDI, N.; MANTECCHINI, L.; SERRAU, D. Environmental capacity and sustainability of European Regional Airports: A case de Study. *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*, v.17, p. 182-187, 2006.

GUSKI, R.; FELSCHE-SUHR, U.; SCHUEMER, R. The concept of noise annoyance: How International Experts see it. *Journal of Sound and Vibration*, v.223, Issue 4, p. 513-527, 1999.

HIRAMATSU, K.; MATSUI T.; ITO, A.; MIYAKITA, T.; OSADA, Y.; YAMAMOTO, T.: The Okinawa study: an estimation of noise-induced hearing loss on the basis of the records of aircraft noise exposure around Kadena Air Base. *Journal of Sound and Vibration*, v.277, p. 617-625, 2004.

HUME, K.; TERRANOVA, D.; THOMAS, C.: Complaints and annoyance caused by aircraft operations: Temporal patterns and individual bias. *Noise & Health*, v.4, number 15, p. 45-55, 2002.

HUME, K.; GREGG, M.; THOMAS C., TERRANOVA, D.: Complaints caused by aircraft operation: an assessment of annoyance by noise level and time of day. *Journal of Air Transport Management*, v. 9, p. 153-160, 2003.

ICAO - International Civil Aviation Organization. Air Transport Bureau. Balanced Approach to Aircraft Noise Management, 2001. Disponível em < <http://icao.int/icao/en/env/noise.htm>> Acesso em 25 de abril de 2008.

ICAO – International Civil Aviation Organization. Environmental Protection, Annex 16, Vol 1, Aircraft Noise, First Edition. 1971.

ICAO – International Civil Aviation Organization. ICAO, Environmental Report. 2007.

IGNACCOLO, M. Environmental capacity: noise pollution at Catania-Fontanarossa International Airport. Journal of Air Transport Management, v. 6, p. 191-199, 2000.

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária. Movimento de Aeronaves. Brasília Ministério da Defesa, 2008. Disponível em <http://www.infraero.gov.br>. Acesso em 08 de maio de 2008.

ISSARAYANGYUN, T.; BLACK, J.; BLACK, D.; SAMUELS, S. Aircraft Noise and Methods for the Study of Community Health and Well-Being, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, v. 6, p. 3293-3308, 2005.

JANIC, M. An assessment of risk and safety in civil aviation, Journal of Transport Management, v.6, p. 43-50, 2000.

KREBS W., BALMER M., LOBSIGER E. A standardized test environment to compare aircraft noise calculation programs. Applied Acoustics. V.69, p. 1096-1100, 2008.

KRYTER K.D. Scaling Human Reactions to the Sound From Aircraft. Journal of the Acoustical Society of America, v.31, Issue 11, p.. 1415-1429, 1959.

KRYTER, K.D.; PEARSONS K.S. Some Effects of Spectral Content and Duration on Perceived Noise Level. Journal of the Acoustical Society of America, v.35, Number 6, p. 866-883, 1963.

KUWANO, S.; NAMBA, S. Evaluation of aircraft noise: Effects of number of flyovers. Environmental International, v.22 , nº 1, p. 131-144, 1996.

LEVERTON, J.W.; PIKE, A.C. Helicopter Noise – What is important from a community prospective. Annual Forum Proceedings- American Helicopter Society, CONF 63; v.1, p 1-14, 2007.

LIM C. Effect of background noise levels on community annoyance from aircraft noise. The Journal of the Acoustical Society of America, v.123, Issue 2, p. 766-771, 2008.

LIM, C.; KIM, J.; HONG, J. LEE, S.; LEE, S. The relationship between civil aircraft noise and community annoyance in Korea. Journal of Sound and Vibration, v.299, p. 575-586, 2007.

MIEDEMA, H. M. E.; VOS, H. Exposure-response relationships for transportation noise. Journal of the Acoustical Society of America, v.104, Issue 6, p. 3432-3445, 1998.

MORREL,P.;H.-Y.LU C.. Aircraft noise social cost and charge mechanisms- a case study of Amsterdam Airport Schiphol. *Transportation Research D* 5 p. 305-320, 2000.

MUZET, A. The need for a specific noise measurement for population exposed to aircraft noise during night-time. *Noise & Health*, v.4, Issue 15, p. 61-64, 2002.

NIEDERAURER DE OLIVEIRA, G. Metodologia para cálculo de ruído externo de aeronaves. Tese de Mestrado-Instituto Tecnológico de Aeronáutica. 2005.

NUNES, M. F. O.; SATTTLER, M. A. Percepção do Ruído Aeronáutico em Escolas da Zona 1 do PEZR do Aeroporto Internacional Salgado Filho. *ENGEVISTA*, v.6, n.3, p. 5-24, 2004.

PONS, J. M. S.; REYNÉS M.R.M.; PÉREZ M.R; Penas J. E. M. El Problema del Ruído En Los Entornos Aeroportuários. El Caso Del aeropuerto de Palma de Mallorca. *Boletín de la A.G.E.* Nº 38, p. 225-243, 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, Lei Complementar 165/97. Dispõe sobre a ordenação do território mediante controle do parcelamento do uso e da ocupação do solo no Município de São José dos Campos. Disponível em: <http://www.sjc.sp.gov.br/saj/downloads/legislação/LEI165-zoneamento.pdf> > Acesso em 30 de julho de 2009.

RYLANDER, R. Physiological aspects of noise-induced stress and annoyance. *Journal of Sound and Vibration*, v.277, p. 471-478, 2004.

RYLANDER R.; BJÖRKMAN, M. Annoyance by aircraft noise around small airports. *Journal of Sound and Vibration*, v.205, Issue 4, p. 533-537, 1997.

REVOREDO, T. C.; SLAMA, J.G. Noise metrics comparison and its use on urban zoning in airport Surveys: A Brazilian case study. *Journal of Air Transport Management* ; (14). p. 304-307, 2008.

SAE-AIR-1845. Society of Automotive Engineers. Procedure for the Calculation of Airplane Noise in the Vicinity of Airports. 84 p. 1986.

SAE-AIR-5662. Society of Automotive Engineers. Method for Predicting Lateral Attenuation of Airplane Noise. 42 p. 2006.

SAE-ARP-866A. Society of Automotive Engineers. Standard Values of Atmospheric Absorption as a Function of Temperature and Humidity. 365 p. 1975.

SCHOMER, P.D. Criteria for assessment of noise annoyance. *Noise Control Engineering Journal*, v.53, p. 132-144, 2005.

SCHULTZ, T. J. Synthesis of social surveys on noise annoyance. *Journal of the Acoustical Society of America*, v.64, p. 377-405, 1978.

SLAMA, J.G.; MORA-CAMINO F.A.C.; REVOREDO, T.C. Is DNL appropriate for airport noise zoning? *Acoustics 08 Paris*. 2008.

SOBOTOVÁ, L.; JURKOVICOVA, J.; SEVCIKOVA, L.; AGHOVA, L. Community noise annoyance assessment in an urban agglomeration. Bratisl Lek Listy, v.107, Number 5. p. 214-216, 2006.

SOUZA, C.A.F. Ordenamento Jurídico Ambiental Brasileiro e Interfaces com o Crescimento do Transporte Aéreo. Revista Brasileira de Direito Aeronáutico e Espacial, jun-1997. www.sbda.org.br/revista/1793.htm> Acesso em 6/4/2008.

STEVENS, S.S. Calculation of the loudness of complex noise. Journal of the Acoustical Society of America, v.28, n° 5 p. 807-832, 1956.

STEVENS, K. N.; PIETRASANTA, A. Procedures for Estimating Noise Exposure and Resulting Community Reaction From Air Base Operations. WADC Technical Note 57-10, DDC Doc. U.S .Air Force. 1957.

TANDON, N. Aircraft Noise. Noise & Vibration Worldwide, v.34, N° 4, p. 11-14, 2003.

UPHAM, P.; THOMAS, C.; GILLINGWATER, D., RAPER, D. Environmental capacity and airport operations: current issues and future prospects. Journal of Air Transport Management, v.9, p. 145-151, 2003.

VINCENT, B.; VALLET, M.; OLIVIER, D.; PARQUE G. Evaluation of variations of the annoyance due to aircraft noise. In: The 29th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering, 2000, Nice, France. Inter.noise.2000.

WADDINGTON, D.; KENDRICK, P.; KERRY, G.; MUIRHEAD, M.; BROWNE, R. The improvement of helicopter noise management in the UK. 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN). Foxwoods, CT. 2008.

WENDE, H.; ORTSCHIED, J. Requirements for the protection against aircraft noise. Noise & Health, v.6, Issue 24. p. 9-19, 2004.

WONGSURAWAT, W. Determinants of public reactions to Concorde test flights at the John F. Kennedy International Airport. Journal of Air Transport Management, v.13, p. 371-375, 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO Guidelines on Noise. 1999.

YOSHIOKA, H. Evaluation and prediction of airport noise in Japan. Journal Acoustical Society Japan (E) 21, 6 p. 341-344, 2000.

ZANNIN, P.H.T.; LACERDA, A.B.M.; MAGNI, C.; MORATA, T.C.; MARQUES, J.M. Ambiente urbano e percepção da poluição sonora, Ambient & Sociedade. v.8, n.2, Campinas. 2005.

ZAPOROZHETS, I.; TOKAREV, V. I. Aircraft Noise Modelling for Environmental Assessment Around Airports. Applied Acoustics, v.55, N° 2, p. 99-127, 1998.

ZWCKER, E.; FLOTTORP, G.; STEVENS, S.S. Critical Band width in Loudness. Journal of the Acoustical Society of America . v.29, Number 5. p, 548-557. 1957.

ANEXO A**Título: ANÁLISE DO RUÍDO AERONÁUTICO NO ENTORNO DO AEROPORTO DE
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS**

Pesquisador Responsável: Antonio Giovanelli Neto.

QUESTIONÁRIO

Nome: -----Idade: -----
Sexo: -----Profissão: -----Telefone: -----
Endereço:- -----
Reside a quanto tempo -----Renda Familiar: R\$-----

1- Qual é o tipo de ruído que mais chama a atenção? (Anotar em seqüência crescente 1,2,3,4,5,6).

- ruído provocado pelo trânsito urbano
- ruído provocado por animais
- ruído provocado por vizinhos
- ruído provocado pelo tráfego aéreo
- ruído provocado pela construção civil
- outros tipos de ruídos

2- Qual o tipo de ruído que mais incomoda ou deixa irritado? (Anotar em seqüência crescente 1,2,3,4,5,6).

- Trânsito urbano
- Animais
- Vizinhos
- Tráfego aéreo
- Construção civil
- Outros tipos

3- Com relação ao tráfego aéreo, qual o período que mais incomoda? Marque uma alternativa apenas.

- a) De manhã (6:00 h às 12:00 h)
- b) À tarde (12:00 h às 18:00 h)
- c) À noite (18:00 h às 24:00 h)
- d) De madrugada (0:00 h às 6:00 h)
- e) Não incomoda

4- No caso do ruído proveniente do tráfego aéreo, ele causa algum transtorno no teu dia a dia?

- Distúrbio no sono
- Atrapalha a conversação
- Atrapalha a utilização do telefone
- Atrapalha assistir a TV
- Interferência com o trabalho
- Atrapalha a leitura
- Não causa transtorno

5- Por favor, classifique o grau de incômodo emitido pelo tráfego aéreo:

- a) Não incomoda
- b) Incomoda pouco
- c) Incomoda medianamente
- d) Incomoda muito

6- O que mais incomoda no tráfego aéreo?

- risco de acidente
- ruído
- emissão de gases
- não tem incômodo

7- A percepção atual é de que o ruído provocado pelo tráfego aéreo vem aumentando nos últimos anos?

- sim
- não
- não sei

8- O ruído que mais chama a atenção é proveniente de que tipo de aeronave?

- a) pequena
- b) média
- c) grande
- d) não chama a atenção