

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

José Antonio Alves de Souza

**Impacto de ruído de aeroporto em áreas vizinhas: Estudo preliminar
do Aeroporto Comandante Rolim em Jundiaí.**

São Paulo

2007

José Antonio Alves de Souza

Impacto de ruído de aeroportos em áreas vizinhas: Estudo preliminar do Aeroporto Comandante Rolim em Jundiaí.

Texto base apresentado ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Área de concentração: Gestão Ambiental

Orientadores: Dra. Neusa Serra
Pesquisador Peter Joseph Barry

São Paulo

janeiro 2007

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Departamento de Acervo e Informação Tecnológica – DAIT
do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT

S729i Souza, José Antonio Alves de
Impacto de ruído de aeroporto em áreas vizinhas: estudo preliminar do Aeroporto Comandante Rolim em Jundiaí. / José Antonio Alves de Souza. São Paulo, 2007. 77p.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Gestão Ambiental.

Orientadores: Profa. Dra. Neuza Serra, Pesquisador Peter Joseph Barry

1. Acústica 2. Ruído aeronáutico 3. Impacto ambiental 4. Poluição sonora 5. Ruído ambiental 6. Medição do ruído 7. Aeronave 8. Aeroporto 9. Tese I. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Coordenadoria de Ensino Tecnológico II. Título

07-169

CDU 534.831:656.71(043)

DEDICATÓRIA

***A minha esposa Ligia e a minha
filha Ana Claudia.
Aos meus pais Maria e Antonio***

AGRADECIMENTOS

Durante a realização deste trabalho tivemos momentos de dúvidas, incertezas, mas também compreensão e companheirismo se fizeram presentes. Ao chegarmos à conclusão, temos a sensação, citando Gandhi, que *“a chegada não é nada comparada ao caminho”*.

Agradecendo a algumas pessoas que contribuíram neste esforço coletivo, temos a convicção de que muitas outras deveriam constar desta lista, sendo impossível citá-las nominalmente, mas a todas ficam registrados os meus agradecimentos.

A Dra. Profa. Neusa Serra pela orientação metodológica.

Ao Pesquisador Peter Joseph Barry pela amizade, ensinamentos e incansável orientação.

A Arquiteta Mika Saito pelo material e fonte de consulta fornecida.

A todos os amigos, entre eles, Maria de Fátima Ferreira Neto, que direta e indiretamente colaboraram na elaboração deste trabalho.

RESUMO

Dentre as diversas formas de poluição ambiental, o ruído é um problema cada vez mais sério no mundo moderno. Uma fonte significativa do ruído ambiental é o produzido pelo avião, especialmente em cidades do interior e em áreas próximas aos aeroportos. Esta dissertação apresenta um estudo do impacto do ruído emitido por operações dos aviões em áreas junto ao aeroporto “Comandante Rolim” em Jundiaí – SP, Brasil. Esse aeroporto foi escolhido porque seu impacto na qualidade de vida da vizinhança é relativamente pequeno, mas tem apresentado um crescimento significativo das atividades regulares nos últimos anos, estimando-se que assim continue.

No levantamento realizado, diversos pontos de medida foram selecionados, sendo classificados em função do zoneamento estabelecido pela Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC.

Levando-se em consideração o baixo número de pousos e decolagens, a análise do desconforto provocado pelo ruído do avião foi feita através das ocorrências individuais. O Nível de Pressão Sonora Máximo, L_{Amax} , de cada operação de aeronave foi medido e o resultado confrontado com o nível de critério de avaliação, NCA, da norma NBR 10.151 da Associação Brasileira de Normas Técnicas. A resposta da comunidade ao ruído foi avaliada pela ISO 1996:1971, usando, como parâmetro, o valor em que o nível medido excede o nível de NCA.

Os resultados das medidas de pouso e decolagem para o maior avião, mostram que ambos os limites 65 dB(A), recomendado para área II, e 50 dB(A), recomendado para área III, foram excedidos em todos os pontos medidos. As operações com o menor avião (monomotor) não excedem os limites recomendados na área III.

Em todos os pontos onde foram realizadas as medições acústicas, o ruído do avião foi considerado pelos habitantes, como a principal fonte de poluição ambiental. Assim, algumas medidas para o controle ou mitigação devem ser consideradas no planejamento de toda a expansão de atividades do aeroporto.

Palavras-chave: níveis de ruído, operações de aeronaves, aeroporto de Jundiaí.

ABSTRACT

Among the many forms of environmental pollution, noise is an increasingly serious problem in the modern world. A significant source of this environmental noise is produced by aircraft, especially in and near airports.

This dissertation is a study of the impact of the noise emitted by aircraft operations in areas adjacent to the airport "Comandante Rolim" Jundiaí – SP, Brazil. This airport was chosen as its impact on the quality of life of neighborhood is still relatively small but significant growth of regular activity is expected. The study involved surveys of the noise levels of aircraft operations in the neighborhood of the airport and the evaluation of the community response to these noise levels.

Several measurement points were selected, being classified according to the noise zoning regulations established by the National Agency of Civil Aviation – ANAC.

The measurement methods chosen are derived from environmental noise standards. However, in this case, due to the low number of landings and takes-offs, the primary analysis of the discomfort provoked by aircraft noise was made from individual occurrences rather than from an aggregate levels over time. Thus, the A weighted maximum Level, L_{Amax} , of each aircraft operation was measured rather than the A weighted equivalent level, L_{eq} .

The evaluation method consisted in confronting the measurement result with the Evaluation Criterion Level - NCA of the standard NBR 10.151 of the Brazilian Association of Technical Standards. The amount by which the measured level exceeds the NCA level is related to the degree of environmental noise impact. The community response to the noise was evaluated using the ISO 1996: 1971, employing this "excess level" parameter.

The results of landing and take-off operations for the larger aircraft show that both the limit of 65 dB(A), recommended for Area II, and the limit of 50 dB(A), recommended for Area III, was exceeded at all the points measured. The operations of small single-engine aircraft, however, were not a problem in Area III.

The measurements in Area III and the evaluations based on the "excess level" parameter show that the degree of community response can be classified as serious. However, the small number of operations involving noisier aircraft hindered the acquisition of measurement data for a wider network of points and also the use of global indices for the

evaluation of the impact of noise in the community neighboring the airport.

At all the points where the measurements were made, the aircraft noise was considered, by the inhabitants, to be the main source of noise and the main source of environmental pollution. Thus, some measures for the control or mitigation should be considered in planning any expansion of airport activities.

Key-words: noise levels; aircraft operations; Jundiaí airport.

Lista de Ilustrações

Figura 1	Categoria de Pista	25
Figura 2	Localização do Aeroporto de Jundiaí	45
Figura 3	Aeroportos da região	46
Figura 4	Localização dos pontos de medição	49
Foto 1	Localização dos pontos de medição sobre foto aérea	51
Foto 2	Analisador Sonoro – Norsonic 110	52
Foto 3	Analisador Sonoro – Svan 945 A	53
Foto 4	Exemplo de um local de medição de ruído (ponto3)	53

Listas de Tabelas

Tabela 1	Nível de critério de avaliação NCA para Ambientes externos, em dB(A)	20
Tabela 2	Descrição dos pontos de medição	47
Tabela 3	Posição da cada ponto em coordenadas Geográficas e coordenadas UTM	48
Tabela 4	Estimativa da resposta da comunidade	55
Tabela 5	Níveis de ruído (em dB(A) re 20 μ Pa)	57
Tabela 6	Níveis de ruído de operações aéreas (em dB(A) re 20 μ Pa) no Ponto 1 – Condomínio Residencial Chácara Primavera	58
Tabela 7	Níveis de ruído de operações aéreas (em dB(A) re 20 μ Pa) no Ponto 2 – Centro Agrícola (próximo da pista, acima das casas)	59
Tabela 8	Níveis de ruído de operações aéreas (em dB(A) re 20 μ Pa) no Ponto 3 – Centro Agrícola (próximo da pista, acima das casas)	60
Tabela 9	Níveis de ruído de operações aéreas (em dB(A) re 20 μ Pa) no Ponto 4 – Centro Agrícola (próximo da pista, acima das casas)	60
Tabela 10	Níveis de ruído de operações aéreas (em dB(A) re 20 μ Pa) no Ponto 5 – Centro Agrícola (próximo da pista, acima das casas)	61
Tabela 11	Níveis de ruído para aeronave modelo Citation 560	63
Tabela 12	Níveis de ruído para aeronave modelo Cesna 172	63
Tabela 13	Níveis de ruído para aeronave modelo PA 31	63

Tabela 14:	Níveis de ruído para aeronave modelo PA34	64
Tabela 15:	Níveis de ruído para aeronave modelo Reboque de Planadores	65
Tabela 16	Ordem das aeronaves referente à emissão de ruído	65
Tabela 17	Valores em que o ruído excede a referência	67
Tabela 18	Estimativa da resposta da comunidade (área III)	68

Listas de abreviaturas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CETESB	Companhia de Tecnologia do Saneamento Ambiental Do Estado de São Paulo
CMAA	Centro de Mecanização e Automação Agrícola
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DAC	Departamento de Aviação Civil
DAESP	Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo
DEPV	Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IAC	Instituto de Aviação Civil
IATA	<i>International Air Transport Association</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
NBR	Norma Brasileira

NCA	Nível de Critério de Avaliação
NPS	Nível de Pressão Sonora
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>

Lista de símbolos

L_{Aeq}	: pressão sonora equivalente contínuo	[dB(A)]
D	: caracteriza o descritor	
i	: ponderação de frequência	
k	: ponderação de tempo	
j	: intervalo de tempo	
f	: faixa de frequência analisada	
L_p	: nível de pressão sonora	[dB(A)]
p	: pressão sonora	[Pa]
p_0	: pressão sonora de referência	20 μ Pa
L_{AN}	: níveis estatísticos	[dB(A)]
L_{ASmax}	: nível de pressão sonora máximo	[dB(A)]
L_{ASmin}	: nível de pressão sonora mínimo	[dB(A)]
L_{AX}	: nível de exposição sonora	[dB(A)]
SEL	: nível de exposição sonora (símbolo alternativo)	[dB(A)]
$P_A(t)$: pressão sonora instantânea	[Pa]
$L_{Ar, Tr}$: nível corrigido	[dB(A)]
L_{dn}	: nível sonoro médio dia-noite	[dB(A)]
L_C	: nível corrigido	[dB(A)]
NCA	: nível critério de avaliação	[dB(A)]

SUMÁRIO

Resumo

Abstract

Lista de ilustrações

Lista de tabelas

Lista de abreviaturas

Lista de símbolos

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. OBJETIVOS.....	19
2.1. Geral.....	19
2.2. Específicos.....	19
3. LEGISLAÇÃO SOBRE POLUIÇÃO SONORA NO BRASIL.....	19
3.1. Legislação Ambiental Federal.....	19
3.2. Legislação Aeronáutica.....	22
3.3. Zoneamento de Ruído.....	23
3.3.1. Tipos de Planos de Zoneamento de Ruído (PZR).....	24
3.3.2. Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR).....	24
3.3.3. Plano Específico de Zoneamento de Ruído (PEZR).....	26
3.4. Legislação Ambiental Estadual e Municipal.....	27
4. CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DE RUÍDO.....	28
4.1 Características do Ruído.....	28
4.2. Classificação do Ruído.....	30
4.3. Descritores do Ruído Ambiental.....	31
4.3.1. Estimulo Logarítmico.....	32
4.3.2. Nível de Pressão Sonora.....	32
4.3.3 Nível de Pressão Sonora Contínuo Equivalente, L_{eq} ,.....	32
4.3.4 Ponderação em Frequência.....	34
4.3.5. Ponderação Temporal.....	33
4.3.6. Níveis Estatísticos LAN (Níveis de Excedência).....	34
4.3.7. Níveis de Pressão Sonora Máximo L_{Amax}	35
4.3.8. Níveis de Pressão Sonora Mínimo L_{Amin}	35
4.3.9. Nível de Exposição Sonora LAE ou SEL.....	35
4.3.10 Nível Corrigido (“Rating Level”) L_{Ar} , T_r	36
4.3.11. Nível Sonoro Médio Dia-Noite, L_{dn}	37
4.3.12. Outras Grandezas.....	37
5. Medição do Ruído Ambiental.....	39
6. CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO RUÍDO AERONÁUTICO	41
6.1. Características do Ruído Aeronáutico.....	41

6.2. Descrição do Ruído de Aeronaves	42
6.2.1. Nível de Exposição ao Ruído de um Único Evento (L_{AX})	43
6.2.2. Nível Efetivo de Ruído Percebido ($EPNL$)	43
6.2.3. Nível de Incômodo Sonoro pelo Parâmetro Nível Dia-Noite (L_{dn})	43
6.2.4 Nível Máximo, L_{max}	44
7 ESTUDO DE CASO: AEROPORTO COMTE ROLIM – JUNDIAÍ – ...	45
7.1 Aeroporto de Jundiaí	45
7.2 Locais e Pontos de Medições	46
7.3 Datas e Horários das Medições	52
7.4 Equipamentos.....	52
7.5 Medições e Avaliação de Ruído.....	54
7.5.1 Ruído de Fundo.....	54
7.5.2 Ruído de Aeronaves: Parâmetros de Medição.....	54
8 RESULTADOS.....	57
8.1 Medição do Ruído de Fundo.....	57
8.2 Ruído de Aeronaves.....	57
9 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	62
9.1 Adequação do Zoneamento do Aeroporto.....	62
9.2 Impacto na Comunidade	67
10. CONCLUSÕES.....	69

1. INTRODUÇÃO

O ruído é um problema crescente no mundo moderno. A presença de um som em um ambiente pode ser desejável quando auxilia, por exemplo, na comunicação, no relaxamento ou no divertimento das pessoas. Entretanto, muitas vezes o som pode ser indesejável sendo simplesmente incômodo ou podendo até causar danos temporários ou irreversíveis à saúde e à audição, sendo chamado, nestes casos, de ruído. A classificação de um som como desagradável é subjetiva e depende das preferências pessoais, de aspectos culturais, da atividade que se desenvolve, do estado de ânimo de quem o escuta e do interesse econômico envolvido (BERISTÁIN, 1998). O ruído faz parte do cotidiano de todas as pessoas que residem em centros urbanos.

O ruído pode ser definido como todo o som desagradável ou indesejável ao receptor (GERGES, 2000; Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1990).

O ruído ambiental é resultado da combinação das diversas fontes existentes em uma comunidade, sendo uma função aleatória e variável, o que dificulta, muitas vezes, o seu controle (SLAMA, NIEMEYER, 1998).

O transporte aéreo, com sua demanda derivada da atividade econômica, tem se tornado um setor que está entre os que mais crescem no mundo. Este crescimento traz vantagens e desvantagens. Algumas vantagens que poderiam ser citadas: geração de empregos, renda, melhorias viárias, de infra-estrutura urbana que costumam acompanhar a instalação de aeroportos, maior capacidade no transporte de pessoas (a região de Jundiaí e vizinhanças é composta de várias empresas que se beneficiarão deste crescimento) e cargas especiais. As desvantagens, geralmente, aparecem sob a forma de impactos ambientais.

Atualmente o ruído é considerado um dos principais impactadores ambientais na aviação civil. Por causa do ruído aeronáutico é prejudicada diretamente a qualidade de vida de inúmeras pessoas que residem nas vizinhanças de grandes aeroportos, que normalmente não são beneficiadas pelas atividades aeroportuárias. Também, o ambiente de trabalho de toda a população que trabalha no aeroporto fica degenerado.

A mitigação do impacto de ruído de aeroportos deve considerar todos os fatores da geração do ruído (tipo de aeronave, procedimento de pouso e decolagem, rotas), da propagação do ruído (terreno, física

de propagação) e da área afetada (localização, características de ocupação, zoneamento) entre outros.

Embora o transtorno provocado por aeroportos de pequeno porte seja menor que o provocado pelos grandes aeroportos, a qualidade do ambiente na vizinhança acaba ficando comprometida. Além disso, em geral, encontra-se menos controle e fiscalização das atividades nesses locais. Todavia, com a tendência global de desenvolvimento da atividade aeroportuária, o impacto de aeroportos pequenos deve aumentar, possivelmente com taxas de crescimento talvez ainda maiores que dos aeroportos de grande porte.

Apesar da existência de normas nacionais e internacionais relacionadas à medição sonora, não há uma metodologia específica para o mapeamento do ruído ambiental. Cada pesquisador utiliza, assim, uma metodologia própria tendo-se, como resultado, uma diversidade de parâmetros e de procedimentos para a coleta de dados e para o mapeamento sonoro.

Foi realizado um estudo de caso do impacto do ruído do aeroporto Comandante Rolim de Jundiá de pequeno porte nas áreas vizinhas, adotando o seguinte roteiro:

- Revisão da literatura dos temas abordados, com o levantamento e identificação de referências bibliográficas, consultas as normas técnicas, legislações federal, estadual, municipal e teses que descrevem aspectos de interesse [capítulo 3];
- Caracterização do ruído aeronáutico e escolha dos parâmetros apropriados para a medição das operações aéreas [capítulo 4];
- Estudo da sistemática de zoneamento de aeroportos estabelecida pelas autoridades da aviação civil [capítulo 3.3.3];
- Escolha de pontos de medição em função do potencial impacto nas áreas habitadas e em função do zoneamento estabelecido pelo Agencia Nacional de Aviação Civil – ANAC [capítulo 7];
- Medições dos níveis de ruído das operações aéreas, principalmente as decolagens, as quais produzem maiores níveis de ruído [capítulo 8];
- Análise da adequação do zoneamento aeronáutico e do impacto do ruído das operações aéreas nas áreas limítrofes do aeroporto [capítulo 9];
- Conclusões [capítulo 10].

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar o impacto do ruído emitido por operações de aeronaves do aeroporto de Jundiaí e em áreas vizinhas.

2.2. Específicos

Os principais objetivos específicos são:

- Quantificar e avaliar o impacto do ruído de operações aéreas nas comunidades vizinhas afetadas.
- Avaliar o zoneamento estabelecido pela aeronáutica em função do ruído.

3.LEGISLAÇÃO SOBRE POLUIÇÃO SONORA NO BRASIL

A legislação sobre poluição sonora no Brasil está dividida em federal, estadual e municipal.

As legislações ambientais brasileiras, nos níveis federal, estadual e municipal, vêm enfatizando, nas últimas décadas, as necessidades da conservação do meio ambiente e, conseqüentemente, a melhoria da qualidade de vida da população, ao estabelecerem normas, leis e regulamentações que buscam controlar as interferências do homem no meio ambiente.

3.1. Legislação Ambiental Federal

O capítulo VI da Constituição Brasileira, referente ao Meio Ambiente, estabelece que *“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida...”* (BRASIL, 1988). Com esta finalidade, o Poder Público, entre outras ações, passa a exigir um estudo de impacto ambiental antes da implantação de qualquer obra ou atividade que possa causar alguma forma de degradação do meio ambiente; passa, também, a controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que possam gerar algum risco, além de passar a promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino juntamente com a conscientização pública para a preservação do meio ambiente.

Ainda na esfera Federal, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicou várias resoluções que estabelecem normas de preservação do meio ambiente.

A Resolução nº1, de 08 de março de 1990, inclui os problemas dos níveis excessivos de ruído no controle da poluição do meio ambiente, estabelecendo critérios para seu controle em diversas situações (BRASIL, 1990a). Esta Resolução estabelece que a emissão de ruídos em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, não devem ser superiores aos considerados aceitáveis pela NBR 10.151 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2000).

Para o controle do ruído, os níveis de ruído considerados aceitáveis levam em conta o local, horário, tempo de exposição e a natureza das atividades emissoras de modo a compatibilizar o exercício das atividades com a preservação da saúde e do sossego público (BRASIL, 1990a).

A norma NBR 10.151/2000 especifica procedimentos para medição sonora onde, de acordo com as características do ruído, são estabelecidas correções dos níveis medidos. A comparação entre o nível corrigido, L_C , e o Nível Critério de Avaliação (NCA), estabelecido pela Norma como admissível para o tipo de ambiente/estabelecimento, indica se o nível sonoro está na faixa aceitável ou se devem ser tomadas medidas para reduzi-lo.

Podem-se observar na Tabela 1 os Níveis Critério de Avaliação para ambientes externos. A norma NBR 10.151 estabelece que os períodos diurno e noturno possam ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. No entanto, o período noturno não deve começar depois das 22 h e não deve terminar antes das 07 h. Se o dia seguinte for domingo ou feriado o término do período noturno não deve ser antes das 9 h.

Tabela 1 – Nível de critério de avaliação, NCA, para ambientes externos, em dB (A)

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

Fonte: NBR 10.151 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2000, p. 3)

As seguintes notas quanto ao uso desta tabela, também fazem parte desta norma:

- Se o ruído ambiente for superior ao valor da tabela, o NCA assume o valor do ruído ambiente;
- O nível corrigido para um ruído sem características especiais é determinado pelo *Nível de Pressão Sonora Contínuo Equivalente* (L_{Aeq});
- Quando o ruído tiver características impulsivas ou de impacto o nível corrigido deve ser o nível máximo medido acrescido de 5 dB (A);
- Quando o ruído tiver características tonais o nível corrigido será o L_{Aeq} acrescido de 5 dB(A);
- Para ruídos que apresentem tanto características impulsivas ou de impacto como características tonais, o nível corrigido deve ser determinado aplicando-se os procedimentos anteriores e tomando-se o maior valor encontrado.

Já a Resolução CONAMA nº2, de 08 de março de 1990, instituiu, em caráter nacional, o Programa Silêncio – (Programa Nacional de Educação e Controle da Poluição Sonora). Este programa tem como objetivo ensinar e conscientizar a população e capacitar técnico para receber denúncias e tomar providências de combate à poluição sonora, além de incentivar a produção de equipamentos com menor emissão de ruído, sendo coordenado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (BRASIL, 1990b).

3.2. Legislação Aeronáutica

Pela Lei nº7.565, de 19 de dezembro de 1986, Código Brasileiro de Aeronáutica (Substitui o Código Brasileiro do Ar), o Direito Aeronáutico é regulado pelos tratados, convenções e atos internacionais de que o Brasil faça parte, por este Código e pela legislação complementar. A Seção V – Das Zonas de Proteção - Art./ 44 trata do Plano de Zoneamento de Ruído. O terceiro parágrafo estabelece que os Planos Específicos de Zonas de Proteção de Aeródromos e Planos Específicos de Zoneamento de Ruído serão aprovados por ato do Ministro da Aeronáutica e transmitidos às administrações que devem fazer observar as restrições.

A Portaria nº 1.141/GM5 de 08 de dezembro de 1987 (alterada pela Portaria 122/GC5, de 01 de fevereiro de 2005) dispõe sobre Zonas de Proteção, aprova o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos, o Plano Básico de Zoneamento de Ruído, o Plano Básico de Zona de Proteção de Helipontos e o Plano de Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea dando outras providências.

A Portaria nº 717/GC-5 de 4 de novembro de 1999. Altera a Portaria nº 13/GM5, de 5 de janeiro de 1994, que estabelece e modifica normas relativas à proteção ambiental, levando em consideração o nível de ruído aeronáutico no que concerne à operação de aeronaves em todo território nacional.

Quanto às restrições ao uso do solo, são estabelecidas em função das condições locais, ou seja, dos tipos de equipamentos predominantes, das diferentes densidades de ocupação humana e dos níveis de ruído característicos de cada área considerada.

Assim, cada aeroporto poderá ter zonas de ruído e restrições ao uso do solo diferentes de outros aeroportos. Desta forma a Portaria 0629/GM5, de 02 de maio de 1984, aprova o Plano Específico de Zoneamento de Ruído do Aeroporto de Jundiaí – SP – PEZR. Porém, os PEZR aprovados pela Portaria 0629/GM5 têm suas restrições ao uso do solo estabelecidas nos artigos 69 e 70 da Portaria nº1.141/GM5, de 08 de dezembro de 1987, que trata dos Planos de Zona de Proteção e de Zoneamento de Ruído.

3.3 Zoneamento de Ruído

A principal forma de poluição atribuída à aviação é o ruído aeronáutico, que gera como impacto a produção de algum nível de incômodo na população localizada nas proximidades dos aeroportos. O incômodo, neste sentido, pode ser entendido como uma expressão da interferência causada pelo ruído aeronáutico no desenvolvimento das atividades normais diárias, criando uma resposta subjetiva e negativa do indivíduo em reação a este ruído. Por este motivo, são esperadas reclamações contra as operações das aeronaves, por parte da população localizada próxima aos aeródromos.

Com o intuito de amenizar este problema, foram criados, pelo Comando da Aeronáutica, os Planos de Zoneamento de Ruído (PZR), instrumentos para ordenamento da implantação, do uso e do desenvolvimento de atividades já localizadas ou que venham a se localizar no entorno dos aeródromos.

O PZR é composto por curvas de nível de ruído e por restrições ao uso do solo nas áreas abrangidas pelas mesmas. Este Plano possui duas curvas denominadas Curvas de Nível de Ruído 1 e 2, que delimitam três áreas de ruído: Área I, Área II e Área III. Uma vez que o incômodo relativo ao ruído aeronáutico esteja diretamente relacionado à distância da fonte emissora e à intensidade da emissão, são estabelecidas restrições ao uso do solo nas proximidades dos aeródromos (Áreas I e II), dependendo das atividades desenvolvidas.

A Área I, por ser a mais próxima da pista, é aquela onde o ruído aeronáutico é mais intenso, podendo ocasionar sérios problemas de incômodo conforme o tempo de exposição. Nesta área, a maioria das atividades urbanas é proibida.

Na Área II, os níveis de ruído e o incômodo são menores, o que torna possível o estabelecimento de algumas atividades urbanas. Todavia, devem ser proibidas residências e atividades ligadas à saúde, educação e cultura.

Na Área III, normalmente, não são registrados níveis de incômodo mais significativo e, portanto, não são estabelecidas restrições ao seu uso.

A legislação que rege a matéria sobre Plano de Zoneamento de Ruído é a Portaria nº 1.141/GM5, de 08 de dezembro de 1987, que menciona os usos compatíveis e incompatíveis com a atividade aeronáutica e estabelece:

Art. 64. Para efeito de aplicação do Plano de Zoneamento de Ruído, as pistas de aeródromos são classificadas, em função do movimento de aeronaves e do tipo de aviação, nas categorias I, II, III, IV, V e VI, definidas no Artigo 3º da Portaria.

3.3.1. Tipos de Planos de Zoneamento de Ruído (PZR)

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

3.3.2 Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR)

Considerando a necessidade de atender a inúmeros aeródromos menores quanto ao estabelecimento de restrições ao uso do solo em função do ruído aeronáutico, foi desenvolvido um PBZR para aqueles cujo número de movimentos anuais de aeronaves da aviação regular de grande porte, existentes ou previstos para um horizonte de até vinte anos, seja inferior a 6.000.

As curvas de nível de ruído do PBZR são definidas em função do tipo de aviação que opera no aeródromo e do número de movimentos anuais previstos desta aviação. Este conjunto de dados determina a Categoria de Pista do Aeródromo, tendo sido estabelecidas para o PBZR as Categorias II, III, IV, V e VI, tendo em vista que a Categoria I somente se aplica para Plano Específico de Zoneamento de Ruído, conforme estabelecido na Portaria nº 1.141.

Os tipos de aviação e as categorias de pista adotada são apresentados no Art. 3º da Portaria nº 1.141/GM5 e se encontram listados nas definições deste documento. As curvas de nível de ruído correspondentes às categorias das pistas mencionadas anteriormente podem ser visualizadas na Figura 1, que ilustra também as curvas que compõem um Plano Básico de Zoneamento de Ruído aplicado a um aeródromo.

C



Figura 1 Categoria da Pista

Fonte: Código Brasileiro de Aeronautiva

Com relação às restrições ao uso do solo, são especificadas, nos artigos 69 e 70 da referida Portaria, as atividades permitidas e proibidas, respectivamente, nas Áreas I e II de ruído. No PBZR, estas restrições são iguais para todas as Categorias de Pista.

A determinação das curvas de nível de ruído a serem aplicadas em um Plano Básico de Zoneamento de Ruído, para um aeródromo, é baseada nas diretrizes da referida Portaria, sendo o autor de cada projeto aeroportuário ou o administrador do aeroporto responsável pela aplicação das referidas curvas.

Cabe ressaltar que para fins de planejamento, de setorização do sítio e de aproveitamento da área localizada nas proximidades do aeroporto, o Plano de Zoneamento de Ruído deve ser dimensionado para o último horizonte de planejamento, isto é, para a implantação final prevista para o sítio aeroportuário.

As restrições ao uso do solo para as Áreas I e II, delimitadas pelas curvas de nível de ruído 1 e 2, estão definidas, respectivamente, nos artigos- 69 e 70 da Portaria nº 1.141/GM5, transcritos a seguir. Todo parcelamento do solo localizado em área do PZR deverá observar as restrições estabelecidas nos referidos artigos.

3.3.3 Plano Específico de Zoneamento de Ruído (PEZR)

O PEZR é, normalmente, aplicado nos aeródromos de maior porte, os quais apresentam ou irão apresentar no futuro (período de até vinte anos) mais de 6.000 movimentos anuais de aeronaves da aviação regular de grande porte, sendo elaborado para cada aeroporto determinado. De acordo com a Portaria nº 1.141/GM5, a elaboração deste Plano é de competência do Departamento de Aviação Civil.

Neste Plano, as curvas de ruído são elaboradas levando-se em conta os tipos de aeronaves, bem como o seu número de movimentos, previstos a operar no último horizonte de planejamento do aeroporto em questão, entre outros dados. As restrições ao uso do solo são definidas em função das especificidades de sua área de entorno, sempre que possível em conjunto com a Prefeitura Municipal. Logo, de modo geral, cada um desses aeroportos terá curvas de ruído e restrições ao uso do solo diferentes, ou seja, específicas.

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

Assim, é fundamental a participação da Prefeitura Municipal neste processo, uma vez que, além de deter conhecimento sobre a realidade local, cabe à mesma planejar e controlar o uso, o parcelamento e a ocupação do solo urbano.

É importante observar que na elaboração de um Plano Específico de Zoneamento de Ruído (PEZR), eventuais restrições ao uso do solo em Área III poderão ser estabelecidas, em função dos níveis de incômodo sonoro.

3.4. Legislação Ambiental Estadual e Municipal

No Estado de São Paulo, a Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB), ligada à Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, coordena ações de gestão ambiental relativas à poluição sonora em caráter preventivo e em caráter corretivo, quando ocorre incômodo na comunidade. No estado de São Paulo, as ações de controle de ruído são principalmente voltadas ao controle de fontes industriais.

Entretanto, alguns municípios executam o controle de outras atividades tais como comércio, casas noturnas, bares, igrejas e construção civil. Este controle é feito, então, nas atividades que geram ruído regularmente e nos casos onde ocorre alguma reclamação por parte da população (BRASIL, 2001).

Já na escala municipal, a Lei Orgânica do Município de Jundiaí, de 05 de abril de 1990, estabelece que compete ao município, juntamente com a União e o Estado, entre outras atribuições, proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas, propondo, para isto, normas de controle e metas de política ambiental e a Lei de Uso e Ocupação do Solo, de dezembro de 2004, define categorias de uso do solo e o zoneamento da cidade (JUNDIAÍ, 2004). Esta lei estabelece diretrizes para ocupação do solo, entre elas podemos destacar a promoção da qualidade de vida da população, por meio do planejamento urbano integrado as políticas públicas. Infelizmente esta Lei não define os níveis de ruído com relação à ocupação e uso do solo.

Somente o Plano Especifico de Zoneamento de Ruído do Aeroporto de Jundiaí – PEZR, estabelece os níveis de ruído com relação à ocupação e uso do solo, através da definição das zonas I,II e III.

4. CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DE RUÍDO

Como caracterização e descrição de ruído são destacados o sentido usado em várias ocasiões, além da classificação do tipo de ruído.

4.1 Características do Ruído

O ruído é definido como o som constituído por grande número de vibrações acústicas com relações de amplitude e fase, distribuídas ao acaso (HOLANDA, 1975).

Na realidade, o termo ruído possui mais de um sentido e pode ser usado em várias ocasiões. Os termos som e ruído são, freqüentemente, utilizados de diferentes maneiras, mas, normalmente, som é usado para as sensações prazerosas, como fala ou música e ruído, para descrever um som indesejável como buzina, barulho de trânsito, aviões e máquinas. Para um ruído ser percebido, é preciso que ele esteja dentro da faixa de freqüência notado pelo ouvido humano. Essa faixa, em um ouvido normal, varia em média de 20 a 20.000 Hz.

O ruído pode ser classificado como contínuo intermitente e impulsivo:

- Ruído contínuo é aquele cujo Nível de Pressão Sonora (NPS) não apresenta grandes variações e se mantém relativamente constante através do tempo (SALIBA, 2004). Um ruído é considerado contínuo quando é produzido sem interrupções e do mesmo modo, podendo ser medido e caracterizado em poucos minutos. A norma ISO 1996/1 (1982) estabelece como ruído contínuo (uniforme, estável) aquele que varie menos de 5 dB ao longo do tempo;

- Ruído intermitente é aquele cujo NPS apresenta subidas bruscas e repentinas do nível sonoro em períodos curtos (menor que 15 minutos e superior a 0,2 segundos) (SALIBA, 2004). O ruído intermitente é aquele produzido, por exemplo, quando por períodos definidos, passa uma aeronave por vez, fazendo com que o nível do ruído cresça e decresça rapidamente. Neste caso, o nível sonoro pode ser medido como um ruído contínuo desde que seja possível distinguir intervalos diferentes de nível de pressão sonora (ISO 1996/1, 1982). A identificação da duração dos ciclos - eventos - deve ser notada, sendo necessário um tempo de medição que possibilite a localização e medição, associando a eles a sua duração e o seu nível sonoro.

- Ruído com caráter impulso: ruído que contém impulsos, que são picos de energia acústica com duração menor do que 1s e que se repetem a intervalos maiores que 1s (por exemplo: marteladas, bate-estacas, tiros e explosões)

- Ruído tonal é aquele que contém tons puros, como o som de apitos ou zumbidos (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2000).

Entretanto, as normas sobre o assunto não diferenciam o ruído contínuo do intermitente para fins de avaliação quantitativa desse agente. O efeito do ruído no ser humano varia não apenas com o nível (“altura” do som), mas com a freqüência (graves e agudos) e com o tempo de exposição, ou seja, como o ruído varia no tempo.

Um som cujas maiores componentes estão nas altas freqüências e/ou que contém tons puros, normalmente é mais incômodo. Em relação à variação do ruído com o passar do tempo, geralmente um ruído intermitente e/ou impulsivo perturba mais do que um som contínuo. Além destes fatores, para um mesmo estímulo físico, o seu efeito irá variar grandemente dependendo do estado fisiológico e psicológico do ouvinte (MAEKAWA, LORD, 1994).

Outras características importantes do som dependem do tipo da fonte sonora.

As fontes sonoras podem ser divididas em fontes fixas (indústrias, casas, comerciais, obras civis e obras públicas, entre outras) e fontes móveis (veículos no tráfego rodoviário, ferroviário e aéreo, por exemplo) (CAMPOS, CERQUEIRA, SATTLER, 2002). Além desta classificação, as fontes sonoras podem ser denominadas como pontuais simples, lineares, pontuais em linha e planas (GERGES, 2000).

As fontes são consideradas como pontuais quando suas dimensões são pequenas se comparadas com a distância do ouvinte. Isto acontece quando a distância da fonte ao receptor for, aproximadamente, cinco vezes maior do que a maior dimensão da fonte sonora (MEHTA, JOHNSON, ROCAFORT, 1999). Neste caso, a energia sonora se dissipa radialmente e o nível de pressão sonora é o mesmo em todos os pontos a uma mesma distância da fonte. Além disto, o nível sonoro decresce de 6 dB quando se dobra a distância do ouvinte à fonte (GERGES, 2000). Um exemplo de fonte pontual é uma máquina parada ao ar livre.

Já as fontes lineares são aquelas pequenas em uma direção e grandes na outra, se comparadas com a distância do ouvinte. A fonte linear pode ser uma simples fonte, como um longo cano transportando um fluido em escoamento turbulento, ou pode ser composta por várias

fontes pontuais operando simultaneamente, tal como um fluxo de veículos em uma rua (BRÜEL & KJÆR, 2000). O som se dissipa cilíndricamente e o nível sonoro é o mesmo para todos os pontos a uma mesma distância do eixo da(s) fonte(s).

Diferentemente da fonte pontual, no caso das fontes lineares, o nível sonoro decai 3 dB quando se dobra a distância do ouvinte à fonte (GERGES, 2000).

As fontes pontuais em linha e as fontes planas são casos especiais. O primeiro acontece quando se tem, por exemplo, uma linha de máquinas idênticas e, o segundo quando se tem a transmissão do ruído através de uma porta, janela ou parede de uma casa (GERGES, 2000).

Vários fatores afetam o nível de ruído e os resultados medidos. Esta variação acontece devido às maneiras como o ruído é emitido pela fonte, como ele se propaga pelo ar e como ele chega ao receptor. Os fatores mais importantes que afetam a propagação do ruído são: tipo de fonte, distância percorrida, absorção atmosférica, efeito do vento, variação de temperatura, obstáculos (tais como barreiras, edificações e vegetação), absorção do solo, reflexões, umidade e precipitação (BRÜEL & KJÆR, 2000).

4.2. Classificação do Ruído.

Quando se deseja fazer uma medição sonora, é comum que se classifique o ruído de acordo com a situação do ambiente acústico no momento da medição. A Norma ISO 1996: *“Acoustics – Description and measurement of environmental noise, Part 1: Basic quantities and procedures”* (1982) da *International Organization for Standardization*, estabelece a seguinte classificação:

Ruído ambiental: ruído de todas as fontes sonoras, próximas ou afastadas (ruído de tráfego, pássaros, máquinas, etc.).

Ruído específico: é o ruído da fonte sob investigação. É um componente do ruído ambiental e pode ser identificado e associado a uma fonte específica.

Ruído residual: é o ambiental sem o ruído específico. É o ruído em um local, sob certas condições, quando o ruído da fonte específica é eliminado.

Ruído de fundo: terminologia utilizada para designar o nível sonoro medido quando a fonte específica não é audível. Em algumas situações usa-se como parâmetro de ruído de fundo um índice estatístico como o L_{90} , índice este que representa o nível que é ultrapassado 90% do tempo (vide 5.3.6).

4.3. Descritores do Ruído Ambiental

Os descritores sonoros são utilizados para avaliar e regulamentar os vários efeitos do ruído, que compreendem não apenas o incômodo, mas o risco de dano à audição, a interferência na fala e os efeitos extra-auditivos na saúde (CASALI, 2000). Normas e regulamentações especificam quais parâmetros devem ser medidos e, na maioria dos casos, também indicam como configurar o equipamento de medição e manipular os fatores envolvidos, como, por exemplo, as condições meteorológicas.

A norma ISO 1996 fala da caracterização e medição do ruído ambiental, importante campo da acústica. Os métodos e procedimentos descritos nesta norma da *International Organization for Standardization* têm a intenção de serem aplicados para todas as fontes sonoras, individualmente ou em combinação, as quais contribuem para o ruído total de um local. No nível tecnológico atual, essa finalidade parece ser mais bem atendida pela adoção do nível sonoro equivalente contínuo ponderado em A, como uma quantidade básica. Os resultados devem ser sempre expressos, então, em termos desta quantidade, mesmo se complementados por correções ou por outros descritores que, em certos casos, podem ser julgados apropriados (ISO 1996/1 (1982)).

A seguir, serão revisados alguns conceitos que ajudarão a compreender o significado dos dados e dos resultados obtidos nas medições sonoras.

4.3.1. Estimulo Logarítmico

O ouvido humano responde a uma larga faixa de níveis sonoros, desde o limiar da audição até o limiar da dor. Esta faixa é muito extensa, de 20 μPa até mais de 100 Pa, sendo difícil, muitas vezes expressar ordens de grandeza tão diferentes em uma mesma escala linear. Por este motivo, passou-se a utilizar a escala logarítmica para expressar os níveis sonoros.

4.3.2. Nível de Pressão Sonora

O nível de pressão sonora, L_p , expresso em decibel (dB), é definido, pela ISO 1996/1 (1982), por:

$$L_p = 10 \log \left(\frac{p^2}{p_0^2} \right) \quad [\text{em dB}] \quad (1)$$

Onde:

- p é a pressão sonora [Pa];
- p_0 é a pressão sonora de referência, 20 μPa , a qual corresponde aproximadamente ao limiar da audição na frequência de 1kHz (GERGES, 2000).

4.3.3 Nível de Pressão Sonora Contínuo Equivalente, L_{eq} ,

Valor contínuo, para o qual a energia integrada é igual à energia integrada total de uma sucessão de eventos

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \left(\sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \right) \quad [\text{em dB}] \quad (2)$$

L_i = nível do i-ésimo evento [dB]

T = intervalo total sob consideração [s]

4.3.4 Ponderação em Freqüência

As respostas em freqüência dos Medidores de Nível Sonoro (MNS) são padronizadas e classificadas de modo a simularem o comportamento do ouvido humano. O ouvido humano não é igualmente sensível a todas as freqüências, sendo mais sensível à faixa entre 2 kHz a 5 kHz e menos sensível para as freqüências extremamente baixas ou altas (GERGES, 2000). A audibilidade humana varia, também, de acordo com o nível dos ruídos.

Para compatibilizar a resposta do instrumento de medição à resposta do ouvido humano, foram desenvolvidas malhas de compensação ou ponderação que corrigem os níveis sonoros para diferentes intensidades e finalidades. As ponderações A, B, C e D são as mais comuns e os níveis ponderados são expressos com a nomenclatura dB(A), dB(B), dB(C) e dB(D) respectivamente. A ponderação A aproxima-se das curvas de igual audibilidade para baixos níveis de pressão sonora - em torno de 40 dB. Corrige-se fortemente as baixas freqüências, atenuando-as, e corrige-se pouco as altas freqüências. As ponderações B e C correspondem à resposta do ouvido humano em 60 e 80 dB respectivamente.

Inicialmente, essas ponderações foram utilizadas conforme o nível do ruído foi sendo medido, mas pesquisas demonstraram que o incômodo provocado pelo ruído, mesmo em altos níveis, correlaciona melhor a medição com a ponderação A do que com a ponderação C.

Portanto, esta ponderação do espectro do ruído passou a ser a principal utilizada em várias áreas da acústica e, de forma especial, na acústica ambiental. A indicação de que o descritor de ruído ambiental está com ponderação em freqüência A pode ser dada no nome do descritor (L_{Aeq} , L_{Amax} , etc) ou na unidade utilizada dB(A).

4.3.5. Ponderação Temporal

Os tempos de resposta normalizados foram originalmente estabelecidos para uso em instrumentos de medição analógicos com galvanômetros para possibilitar uma indicação visual dos níveis de ruído variáveis. Existem as ponderações designadas F, S e I correspondendo às descrições originais *fast* (rápida), *slow* (lenta) e *impulsive* (impulsivo) respectivamente (BRÜEL & KJÆR, 2000). As normas de avaliação ambiental normalmente especificam qual ponderação no tempo deve ser utilizada.

Na maior parte dos problemas relacionados ao ruído ambiental tem-se medido o nível de pressão sonora utilizando-se ponderação temporal S e ponderação de frequência A (CASALI, 2000).

4.3.6. Níveis Estatísticos L_{AN} (Níveis de Excedência)

Em alguns estudos do ruído ambiental, pode ser desejável descrever uma situação sonora tanto pelo uso do L_{Aeq} como pelos índices da distribuição estatística dos níveis de pressão sonora ponderados em A. Com este propósito, níveis estatísticos tais como L_{95} , L_{90} , L_{50} , L_{10} e L_5 podem ser determinados (Norma ISO 1996/2 (1987)).

O nível estatístico representa o valor do nível de pressão sonora ponderado em A que foi excedido em uma porcentagem (N%) do intervalo de tempo considerado. Por exemplo, o $L_{A95,1h}$ é o nível que foi excedido em 95% durante um período de uma hora (Norma ISO 1996/1, 1982).

Além dos níveis estatísticos citados acima, são utilizados, também, o L_{10} e o L_{90} , sendo que o L_{10} é mais usado para estudos de ruído ambiental envolvendo ruído de trânsito (GERGES, 2000).

Uma análise da distribuição estatística dos níveis sonoros é uma ferramenta útil quando se avalia o ruído. A análise não fornece apenas informações a respeito da variabilidade dos níveis sonoros, mas também se sobressai em várias normas como base para avaliação do ruído de fundo. Por exemplo, o L_{90} , nível excedido em 90% do tempo de medição, é frequentemente utilizado como indicador do nível sonoro do ruído de fundo, enquanto que o L_{10} ou o L_5 são às vezes usados para indicar o nível de intrusão de eventos de ruído (BRÜEL & KJÆR, 2000).

Os níveis estatísticos descrevem a situação do ambiente acústico em termos da probabilidade com que certos níveis podem ser excedidos. O histograma cumulativo do ruído mostra o percentual do tempo total de exposição em relação ao nível de pressão sonora dB (A) (GERGES, 2000).

4.3.7. Níveis de Pressão Sonora Máximo L_{ASmax}

O L_{ASmax} é o nível de ruído máximo ponderado em A, medido normalmente com tempo de resposta ponderado S (*slow*). Ele é o nível mais alto do ruído ambiental, ocorrido durante certo período de tempo, sendo freqüentemente utilizado em conjunto com outros parâmetros sonoros (por exemplo, L_{Aeq}) para assegurar que um evento de um ruído simples não excedeu um limite. Para este descritor sonoro é essencial especificar a ponderação no tempo (S, F, I) (BRÜEL & KJÆR, 2000).

4.3.8. Níveis de Pressão Sonora Mínimo L_{ASmin}

É o nível sonoro mínimo ponderado em A, medido normalmente com tempo de resposta ponderado lento. Ele é o nível mais baixo do ruído ambiental ocorrido durante certo período de tempo. Da mesma forma que o L_{ASmax} , é muito importante que se especifique a ponderação no tempo utilizada na medição sonora (BRÜEL & KJÆR, 2000).

4.3.9. Nível de Exposição Sonora L_{AE} , L_{AX} , ou SEL

O nível de exposição sonora é a energia sonora de um único evento, durante um dado intervalo de tempo, normalizado para um tempo de 1 s.

O parâmetro recebe a nomenclatura L_{AE} pela norma ISO 1996 /1 (1982) e de L_{AX} pela norma ISO 3391/1978, norma essa que trata de ruído de aeronaves. Também a normalização norte-americana utiliza a sigla SEL .

Por tratar de ruído aeronáutico, é usado aqui o L_{AX} . É definido pela equação:

$$L_{AX} = 10 \log \frac{1}{t} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \quad [\text{em dB}] \quad (3)$$

Onde:

- $p_A(t)$ é a pressão sonora instantânea ponderada com a curva A [Pa];

- $t_2 - t_1$ é um intervalo de tempo que abarcar todos os sons significantes de um determinado evento [s];
- p_0 é a pressão sonora de referência [20 μ Pa];
- t_0 é a intervalo de referência [1s].

Para se medir o ruído de um evento, o nível de exposição sonora é medido, combinando o seu nível e a sua duração em um único descritor. Ele é um parâmetro parecido com o L_{Aeq} , sendo utilizado para a avaliação de eventos que têm características semelhantes, mas durações diferentes. (BRÜEL & KJÆR, 2000). O nível de exposição sonora é o nível sonoro de um tempo de 1 segundo que contém a mesma energia total que um evento sonoro de um tempo particular de duração. Ele é utilizado para descrever o ruído de uma fonte móvel ou altamente transitória (CASALI, 2000).

4.3.10 Nível Corrigido (“Rating Level”) L_{Ar} , T_r .

O Nível Corrigido (“rating level”) é a medida da exposição ao ruído corrigida por fatores conhecidos que aumentam o incômodo. É usado para comparar níveis medidos com limites de ruído estabelecidos em normas, que normalmente variam dependendo do tipo do uso do solo e do horário do dia (BRUE & KJAER, 2000). Um sistema ideal de correção será aquele no quais todos os fatores que os influenciam estejam combinados em uma única escala adaptável a todos os tipos de ruído. No entanto, é extremamente difícil unir as reações físicas e psicológicas ao ruído (MAEKAWA, LORD, 1994).

O nível corrigido (L_{Ar}), é definido, pela norma ISO 1996/2 (1987), por:

$$(L_{Ar,T}) = (L_{Aeq,T})_i + k_{1i} + k_{2i} \quad (4)$$

Onde:

- $(L_{Ar,T})$, é o nível corrigido para cada intervalo de tempo de referência [dB];

- $(L_{Aeq,T})$, é o nível de pressão sonora equivalente contínuo ponderado em A durante o i -ésimo intervalo de tempo de referência [dB];
- k_{1i} é uma correção devido às características tonais do ruído, aplicada ao i -ésimo intervalo de tempo de referência [dB]; = [12 dB]
- k_{2i} é uma correção devido às características impulsivas do ruído, aplicada ao i -ésimo intervalo de tempo de referência [dB]; = [5 db].

Quando o som possui características tonais ou impulsivas em um intervalo de tempo especificado, um ajuste pode ser aplicado, para aquele intervalo, no nível de pressão sonora equivalente contínua ponderado em A medido. Caso as características tonais ou impulsivas estejam presentes em apenas uma parte do intervalo de tempo de referência, os valores de k_{1i} e de k_{2i} podem ser ajustados levando em conta esta duração. (ISO 1996/2, (1987)).

4.3.11. Nível Sonoro Médio Dia-Noite, L_{dn}

O nível sonoro médio dia-noite corresponde ao L_{Aeq} acrescido de 10 dB(A) para o ruído ambiental que ocorra no período noturno (tipicamente entre 22:00 e 7:00 horas), levando em consideração o aumento do incômodo à noite (BRÜEL & KJÆR, 2000). Este parâmetro é bastante utilizado em outros países na avaliação do impacto do ruído global de aeroportos de grande porte, mas não tem aplicação rotineira no Brasil, onde a legislação (norma NBR 10151,2000) estabelece critérios individuais para cada período separadamente.

4.3.12. Outras Grandezas

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

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

Assim como a ISO 1996/1 (1982) determina que devam ser registradas as condições meteorológicas do momento da medição do ruído, observa-se que na prática, em mapeamentos sonoros, tem-se realmente registrado a temperatura, a umidade relativa e a velocidade do vento. Além destas variáveis, também se registra a direção do vento dominante.

Em relação às faixas de valores nos quais estas variáveis devem ser enquadradas, algumas metodologias dizem que a temperatura deve estar entre -10 e 50° C e a faixa de umidade do ar de 30 a 90% (CAREY, 1996), enquanto outros adotam os intervalos de 10 a 35° C para a temperatura, 40 a 90% para a umidade e o valor da velocidade do vento deve ser menor que 5m/s (PALHARES et al, 1996).

5. Medição do Ruído Ambiental

Como já mencionado anteriormente, a norma ISO 1996/1 (1982) coloca o nível de pressão sonora equivalente contínua ponderado com a curva A como o melhor descritor do ruído ambiental. As medidas do ruído devem, então, ser sempre expressas em termos desta grandeza, mesmo se complementadas com correções ou com outros descritores.

A instrumentação para medição do ruído ambiental deve compreender um medidor de nível de pressão sonora que obtém a média para ponderação em frequência segundo a curva A e para ponderação no tempo S (lenta). As medidas devem ser associadas ao intervalo de tempo de aquisição. Como alternativa, a amostragem ou análise de distribuição estatística podem ser também, utilizada a ISO 1996/1 (1982).

Todo equipamento deve ser calibrado. Como esclarecimento, calibração é a operação em que se estabelece uma correspondência entre as leituras de um instrumento e os valores de uma grandeza física que é medida diretamente, ou indiretamente, pelo instrumento, enquanto que aferição seria a operação de conferir (exemplo: medidas) com os respectivos padrões (HOLANDA, 1975).

Na área de acústica, este termo se refere a dois processos distintos:

a) Calibração em intervalos de tempo, feita em laboratório acreditado. Esta calibração garante que os instrumentos atendem às normas de especificação (IEC 60651 (2001) da *International Electrotechnical Commission*, por exemplo) sob as quais foram fabricados. A norma NBR 10151 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2000) determina que a calibração seja feita a cada dois anos;

b) Calibração do medidor de nível sonoro antes e depois de cada série de medições, utilizando um calibrador acústico portátil. O calibrador verifica a sensibilidade do aparelho, permitindo o ajuste, se necessário, garantindo, com isto, a precisão dos resultados (BRÜEL & KJÆR, 2000).

A norma ISO 1996/1 (1982) estabelece que a localização dos pontos de medição dependa do objetivo das medições. No caso de medidas externas, quando é desejável minimizar a influência de reflexões na medição deve-se, quando possível, executar a medição a pelo menos 3,5 metros de qualquer estrutura reflexiva, com exceção do solo. Em regiões próximas a edificações o microfone deve estar, preferencialmente, de 1 a 2 metros da fachada e de 1,2 a 1,5 metros do

solo. Caso seja desejável reduzir a influência das reflexões, as medições devem ser feitas, quando possível, a pelo menos 3,5 metros de qualquer estrutura reflexiva. Caso as medições sejam efetuadas de 1 a 2 metros da fachada, deve-se subtrair 3 dB do valor medido (ISO 1996/2, (1987)).

6. CARACTERIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DO RUÍDO AERONÁUTICO

Existem vários descritores disponíveis, mas optou-se nesta pesquisa, levando-se em conta as características do ruído aeronáutico, por um descritor específico: o nível máximo – L_{max} . Esta escolha foi em função do baixo número de pousos e decolagens.

6.1. Características do Ruído Aeronáutico

A escolha de uma localização adequada para a implantação dos sítios aeroportuários é um dos principais métodos para evitar os problemas de ruído. Embora seja desejável que a população se mantenha o mais distante possível dos aeroportos, o afastamento exagerado tende a desestimular o seu uso, a exemplo do que ocorre com o Aeroporto Tancredo Neves (Confins – MG). Por outro lado, a excessiva concentração populacional pode causar conflitos indesejáveis ocasionando, em geral, restrições operacionais, como ocorrem no Aeroporto de Congonhas – SP.

Outra forma de aumentar a distância entre a fonte emissora de ruído e o receptor é a utilização de procedimentos operacionais alternativos. Esses procedimentos, regulamentados por órgãos internacionais como FAA e IATA, sugerem mudança nos procedimentos de decolagem (Procedimento FAA, Procedimento IATA e Trajetórias de Subida Flexíveis) e de pouso (Procedimento "*Lower Power/Low Drag*", Descida e Aproximação Contínua, Ponto de Toque Deslocado, Elevação da Altura de Interceptação da Rampa do ILS, etc.), e até a suspensão de vôos em horários noturnos.

No Brasil, o procedimento operacional mais utilizado para redução de ruído é o de trajetórias com subidas flexíveis, consistindo na obrigatoriedade de realizar curvas estrategicamente planejadas para sobrevoar áreas despovoadas, ou com menor densidade demográfica. Essas trajetórias são elaboradas pela DEPV (Diretoria de Eletrônica e Proteção ao Vôo), a partir das informações sobre ruído no solo coletadas pelo IAC (Instituto de Aviação Civil).

A colocação de barreiras acústicas, como a construção de muros, é extremamente indicada para evitar o ruído produzido pelas aeronaves quando se encontram no solo, como por exemplo: durante o taxiamento, em que são feitas manobras no solo, e quando são realizados os testes

de motores o ruído da turbina é outra fonte de incômodo. Entretanto, são ineficientes para proteger as áreas circunvizinhas de propagações de ruído da aeronave em vôo. Um caso especial de aplicação desta tecnologia é o tratamento acústico em edificações. Este método é utilizado para minimizar problemas de ruído em construções como residências, hospitais, escolas e demais estabelecimentos comerciais, embora existam limites de ordem prática e econômica ao seu uso (FERRARI, 2004).

O incômodo gerado pelo ruído não pode ser medido somente pela magnitude do pior evento sonoro. Principalmente quando se trata de ruído aeronáutico, torna-se necessário avaliar outros fatores como frequência, duração, hora do dia e número de repetições. Em função disso, observa-se uma série de divergências entre os principais métodos utilizados para a avaliação de ruído percebido em todo o mundo, principalmente no que diz respeito à manipulação matemática dos dados obtidos por medição e da utilização ou não de ajustes nos valores medidos. Alguns ajustes, no entanto, parecem ser utilizados na maioria dos métodos desenvolvidos e dizem respeito, principalmente, ao horário de ocorrência dos eventos sonoros. Esses ajustes ponderam os eventos ocorridos durante a noite com um peso maior do que aqueles eventos que ocorrem durante o dia.

6.2. Descrição do Ruído de Aeronaves

O ruído aeronáutico, assim como outros impactos ambientais, pode ser medido de várias maneiras. A maior parte dos métodos utilizados para sua avaliação está ligada à reação das pessoas quando submetidas a esse tipo de desconforto. O primeiro método específico para avaliação de níveis de ruído aeroportuário foi o *Composite Noise Rating* (CNR), desenvolvido por Rosenblith e Stevens, em 1952, o qual tinha o objetivo de avaliar os níveis de ruído emitido pelos jatos militares. A partir daí foram desenvolvidos diversos métodos de avaliação de ruído percebido, principalmente com ponderação pelo filtro A. No início da década de 60 foi criado o PNL - *Perceived Noise Level*. Logo após foi desenvolvido o método EPNL - *Effective Perceived Noise Level*, numa tentativa de avaliar-se o nível de ruído efetivamente percebido pelo observador. Este método ainda é aceito internacionalmente, embora muitos países prefiram adotar metodologias próprias e diferentes.

A norma TB-389 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1990) define os termos e grandezas empregadas na área de ruído aeronáutico.

6.2.1. Nível de Exposição ao Ruído de um Único Evento (L_{AX})

A grandeza, Nível de Exposição ao Ruído, (L_{ax}) tem utilização geral na descrição do ruído de um evento de duração relativamente curta. É utilizado frequentemente na avaliação do ruído aeronáutico, por exemplo, um sobrevôo de aeronave. A definição consta da norma ISO 3891 (1978). A mesma grandeza é definida na norma ISO 1996 (1982), onde a notação é L_{AE} . Ver definição no item 5.3.3.

6.2.2. Nível Efetivo de Ruído Percebido ($EPNL$)

É um parâmetro que avalia os efeitos subjetivos no homem, decorrentes do ruído produzido por um sobrevôo de uma aeronave. Consiste em valores instantâneos do nível de ruído percebido (PNL) corrigidos para irregularidades espectrais e duração de sobrevôo TB-389 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1990). O $EPNL$ é definido pela seguinte equação:

$$EPNL = (10 \log 1/10 \int_0^t 10^{[(PNLT(t))/10]} dt) \quad EPN \text{ dB} \quad (5)$$

Onde:

$PNLT(t)$ = nível de ruído percebido com correção de tom em um instante t

6.2.3. Nível de Incômodo Sonoro pelo Parâmetro Nível Dia-Noite (L_{dn})

Conhecido como “nível médio sonoro dia-noite”, o qual representa o nível médio sonoro nas 24 horas do dia, com a penalidade de 10 dB para ruídos que ocorrem durante as horas noturnas. Esta grandeza é freqüentemente utilizada na avaliação de ruído ambiental em geral e não somente de ruído aeronáutico. A definição foi apresentada no item 4.3.10. A seguinte definição da norma TB 389 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1990), é adaptada a sobrevôos de aeronaves.

Este parâmetro é similar ao Nível Sonoro Contínuo Equivalente (L_{eq}) para 24 h, mas, no período das 22:00 às 07:00h, somam-se 10dB aos níveis medidos. É definido da seguinte forma:

$$L_{dn} = 10 \log \left\{ \frac{1}{24} \left[15 \left(10^{\frac{L_d}{10}} \right) + 9 \left(10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right] \right\} \quad (6)$$

Onde:

$L_d = L_{eq}$ para período (7 às 22h) [dB(A)];

$L_n = L_{eq}$ para período (22 às 7h) [dB(A)].

6.2.4 Nível Máximo, L_{max}

Também utilizado, definido no item 4.3.7.

7. ESTUDO DE CASO: AEROPORTO COMANDANTE ROLIM – JUNDIAÍ – SP

7.1 Aeroporto de Jundiaí

O Aeroporto de Jundiaí está situado a 7 quilômetros do centro da cidade, a 67 quilômetros da cidade de São Paulo (40 min.) e a 40 quilômetros da cidade de Campinas (20 min.), no entroncamento das rodovias Bandeirantes e Dom Gabriel Paulino Bueno Couto (Figura 2). Está localizado na Avenida Emilio Antonon s/n⁰, possui pista de 1400m x 30m. Tem como objetivo o atendimento de vôos regulares e não- regulares de passageiros das empresas de Táxi Aéreo, da Aviação Geral e do Aeroclub de Jundiaí (Figura 3).

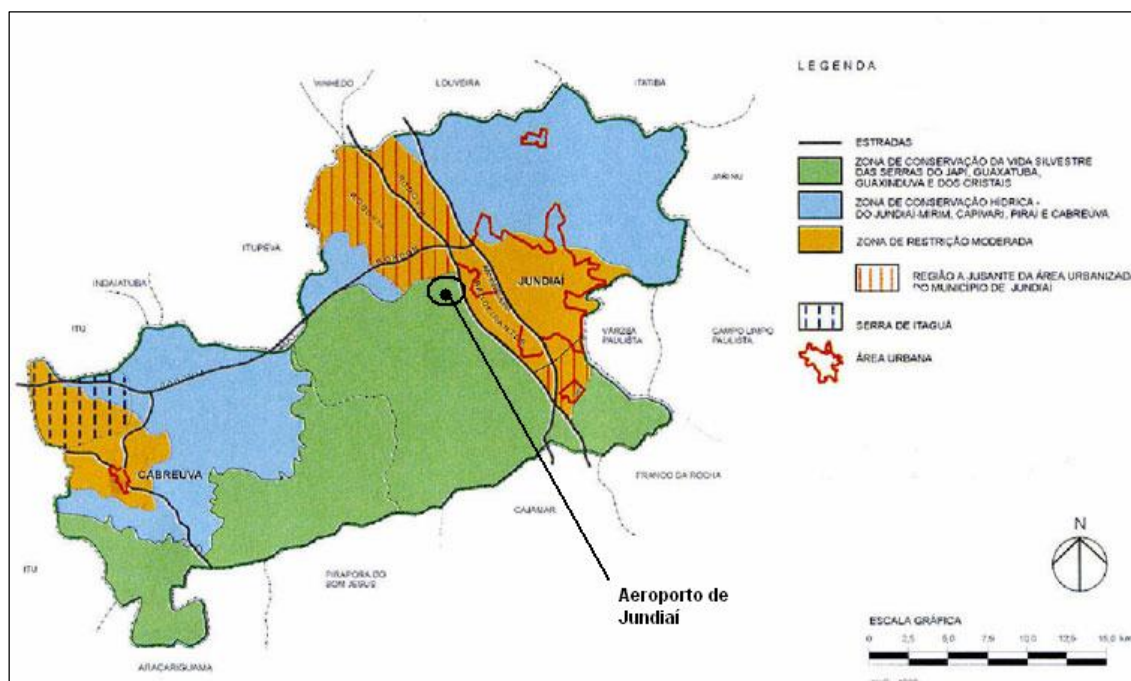


Figura 2 – Localização do Aeroporto de Jundiaí

Fonte: Jundiaí On Line (2005)

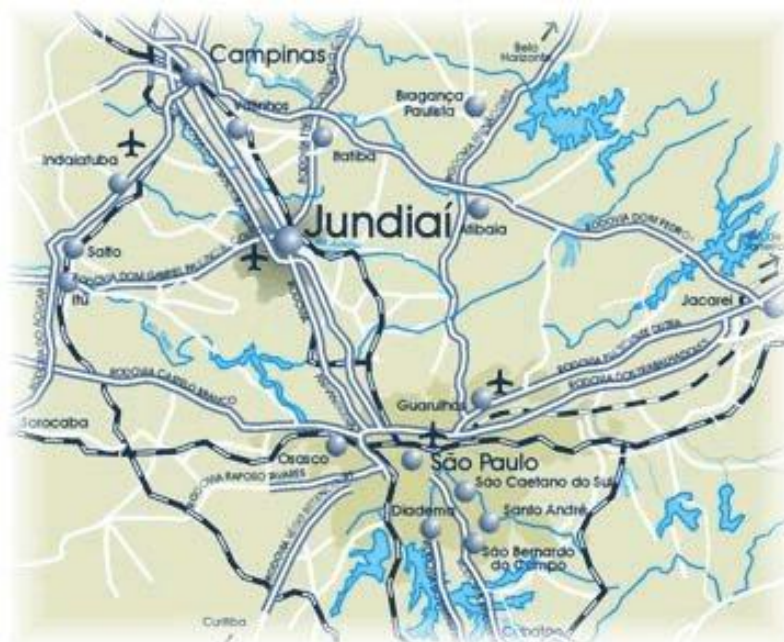


Figura 3 - Aeroportos da região

Fonte: Jundiaí On Line (2005)

7.2 Locais e Pontos de Medições

A definição dos pontos (número e distribuição pelo espaço) nos quais são realizadas as medições acústicas é uma etapa muito importante da metodologia para a avaliação do impacto sonoro de uma região (LANDIM, 2002). A escolha da amostra é um processo complexo que depende da disponibilidade de pessoal e de tempo, das condições financeiras, dos equipamentos disponíveis, da área de análise e do número de dados estatísticos (CASALI, 2000).

A localização e o número de posições de medição dependerão das características do ambiente em consideração. A densidade da grade de pontos vai depender da resolução espacial desejada e da variação dos níveis de pressão sonora do ruído, sendo que esta variação é maior na vizinhança de fontes ou de grandes obstáculos. A densidade da grade de pontos deve, assim, ser maior nestes lugares. Em geral, a diferença do nível de pressão sonora entre dois pontos adjacentes não deve ser maior do que 5 dB. Caso diferenças significativamente maiores sejam encontradas, pontos intermediários devem ser criados (norma ISO 1996/2, (1987)).

No caso, o número de pontos de medição foi limitado pelo número de instrumentos de medição disponíveis - dois, o que permitiu medir a

mesma operação em somente dois pontos por vez - e pela relativa baixa atividade aérea do aeroporto, exigindo, assim, bastante espera entre registros de dados. Foram escolhidos diversos pontos de medição, que são classificados em função do impacto, especialmente nas áreas habitadas, e em função do zoneamento estabelecido pelo Plano Específico de Zoneamento de Ruído, PEZR, criado pela DAC – Departamento de Aviação Civil.

Na Tabela 2, é apresentada a localização descrita para cada ponto de medição e, na Tabela 3, a posição de cada ponto em coordenadas geográficas (utilizadas pela aeronáutica) e coordenadas UTM (utilizadas nas cartas topográficas brasileiras).

Tabela 2: Descrição dos pontos de medição

Ponto	Local (interior do condomínio do CMAA)
1	Dentro do condomínio, próximo ao seminário.
2	CMAA* - próxima pista, acima de casas.
3	CMAA* - próximo lago
4	CMAA* - próximo ao hangar da TAM
5	CMAA* - entre lago e casa amarela

CMAA – Centro de Mecanização e Automação Agrícola

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2005)

Tabela 3 Posição de cada ponto em coordenadas geográficas e coordenadas UTM

Ponto	Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM (fuso 23K)	
	Latitude	Longitude	Leste	Norte
1	23° 11' 20.7" S	46° 57' 22.2" W	0299782	7434204
2	23° 10' 49.6" S	46° 56' 43.9" W	0300859	7435173
3	23° 11' 00.1" S	46° 57' 03.3" W	0300310	7434844
4	23° 10' 43.0" S	46° 56' 45.8" W	0300802	7435377
5	23° 11' 04.4" S	46° 56' 54.1" W	0300574	7434715

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2005)

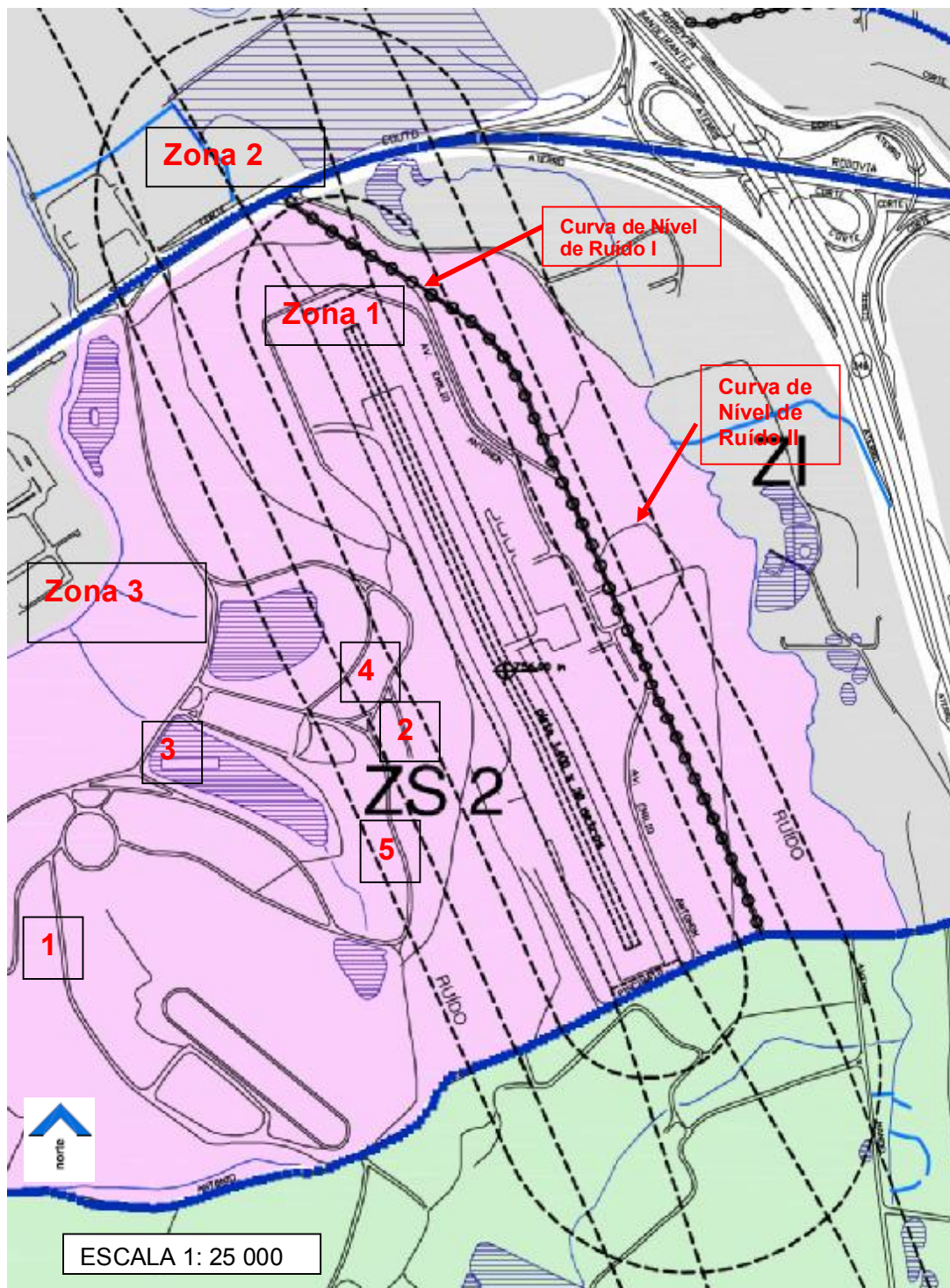


Figura 4. Localização dos pontos de medição.

Fonte: Figura do autor (2005)

Os pontos de medição foram agrupados nas seguintes categorias,

- Zona I: ruído de operações de aeronaves, nas cabeceiras da pista, P2, e P4 (próximo à cabeceira 35).
- Zona II: ruído de operações de aeronaves próximo a pontos com atividade humana dentro da PEZR II⁽²⁾, P5 (dentro do Centro de Mecanização e Automação Agrícola – CMAA).
- Zona III: ruído em áreas ocupadas por residências nas PEZR III – P1 (dentro de condomínio), P3 (dentro do Centro de Mecanização e Automação Agrícola – CMAA).

Nota: Cabeceira 17 e 35 significam os ângulos de desvio da pista com relação ao norte geográfico.

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT - Relatório Técnico 811.767-205 (2005)

Localização dos Pontos de Medição

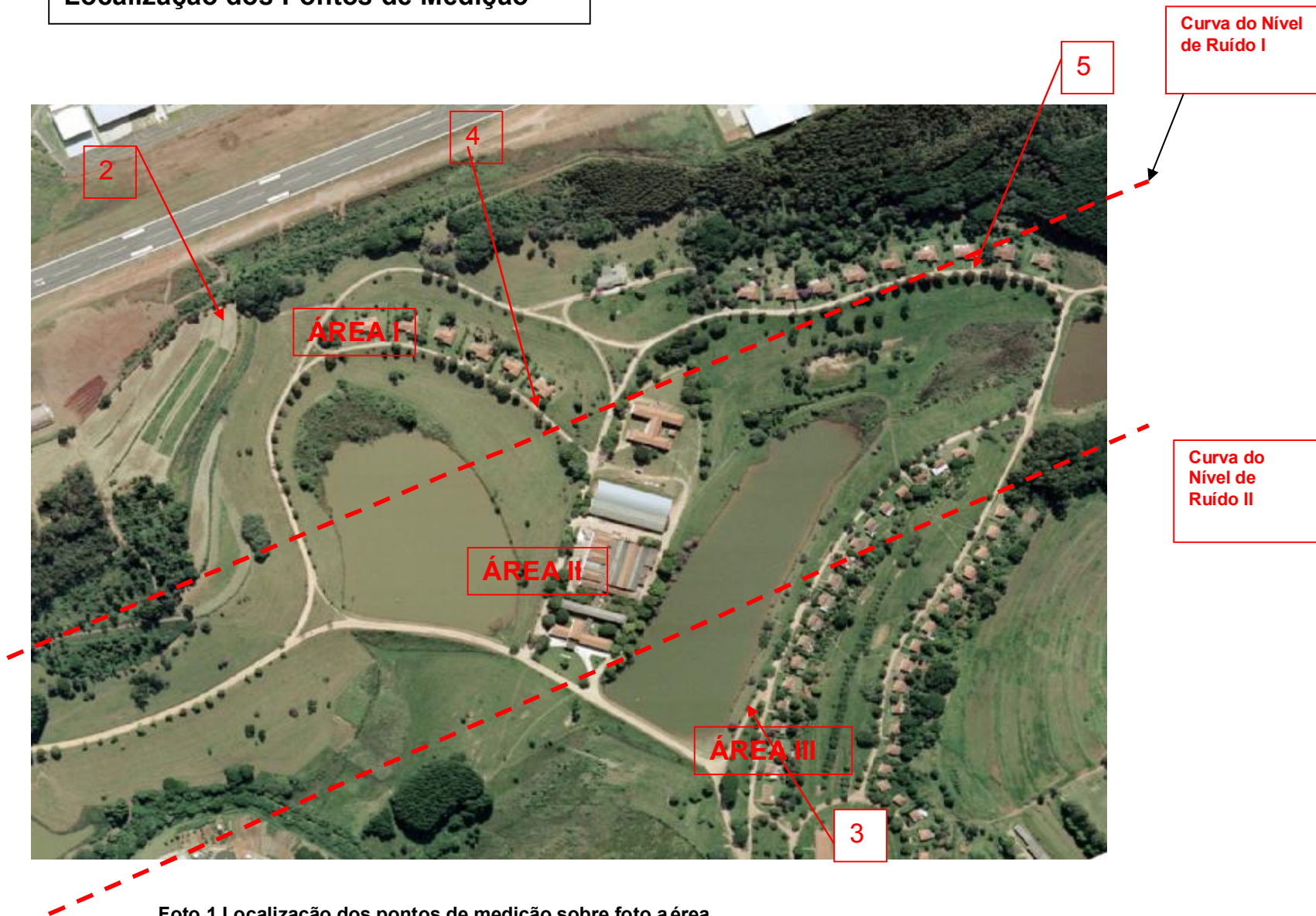


Foto 1 Localização dos pontos de medição sobre foto aérea.
(Fonte: Foto do Departamento Aeroviário do Estado de São Paulo - DASP)

7.3 Datas e Horários das Medições

As medições do ruído de fundo foram realizadas em 22/07/2005, durante o período diurno (10h às 16 h). As medições dos níveis de ruído das operações aéreas foram realizadas em 01/05/2005 e 05/08/2005, também durante o período diurno (10h às 16 h). Apesar o aeroporto estar aberto durante 24 horas, os vôos noturnos não são freqüentes.

7.4 Equipamentos

Foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Analisador Sonoro – Norsonic 110; vide foto 2
- Analisador Sonoro – Svan 945 A; vide foto 3



Foto 2 - Analisador Sonoro Norsonic 110

(Fonte: Foto do autor 2005)



Foto 3 - Analisar Sonoro Svan 945 A

(Fonte: Foto do autor 2005)

Estes aparelhos atendem às especificações das normas IEC 60651: 2001 e IEC 60804:1989. São calibrados em laboratórios da Rede Brasileira de Calibrações (RBC). Permitem a obtenção de diversos parâmetros acústicos, especificamente os utilizados neste trabalho – L_{eq} e L_{max} . Na foto 4 abaixo, ilustramos montagem típica para medição dos níveis de ruído.



Foto 4 – Exemplo de um local de medição de ruído (ponto 3)

(Fonte: Foto do autor 2005)

7.5 Medição e Avaliação de Ruído

7.5.1 Ruído de Fundo

Foram determinados os seguintes parâmetros de ruído, todos ponderados em “A” e obtidos com tempo de integração de 10 minutos:

Nível Sonoro Contínuo Equivalente, L_{Aeq} , nível que representa a média da energia sonora durante o intervalo de amostragem.

Nível máximo, L_{Amax} , o nível sonoro máximo registrado no intervalo.

Nível mínimo, L_{Amin} , o nível sonoro mínimo registrado no intervalo.

Níveis estatísticos (também denominados níveis de excedência), L_{10} , L_{50} , L_{90} , níveis de ruído que são, respectivamente, em 10%, 50% e 90% do tempo durante o período de análise.

7.5.2 Ruído de Aeronaves: Parâmetros de Medição

A resposta à exposição ao ruído varia de pessoa para pessoa. Um som altíssimo de uma música provocará respostas diferentes entre aqueles que gostam e aqueles que não gostam de música. Entretanto, por sua natureza invasiva, o ruído de aeronaves é quase universalmente rejeitado. O horário da exposição também interfere na percepção do ruído. As pessoas tendem a se irritar mais com ruído durante o período da noite, normalmente reservado para descanso e repouso.

Considerando que neste trabalho, a maioria dos métodos utilizados para a avaliação de ruído, procede da reação da comunidade que está exposta a este desconforto, tendo como base as análises individuais. Existem outros tipos de abordagem de estudo de níveis de ruído, que utilizam parâmetros que somam vários eventos.

Um descritor mais completo é o Nível Efetivo de Ruído Percebido (EPNL) referente à norma TB-389 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (1990), que compõe os índices EPNL individuais durante um dado período.

Todavia, levando-se em consideração o baixo número de pousos e decolagens, foi escolhido um roteiro em que a análise primária do desconforto provocado pelo ruído aéreo deu prioridade para ocorrências individuais:

- Foi medido o L_{Amax} de cada operação de aeronave;

- O valor L_{Amax} foi confrontado com os Níveis de Critério de Avaliação, NCA da norma NBR 10.151 da Associação Brasileira de Normas Técnicas;
- Essa norma não trata especificamente do uso do índice L_{max} . Entretanto como o ruído aeronáutico é variável e não impulsivo, subindo e descendo em períodos de segundos, o L_{max} , representa o incomodo do evento. As avaliações deste tipo de ruído normalmente adotam os mesmos critérios usados para o ruído ambiental urbano normal.
- O valor em que o nível medido excede o NCA foi avaliado utilizando a estimativa da resposta da comunidade, conforme a norma ISO 1996 (1971).

A norma ISO 1996 (1971) apresenta uma estimativa da resposta da comunidade em função do nível de ruído que excederia o nível de referência. A descrição e classificação da resposta são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4: Estimativa da resposta da comunidade

Alteração de nível dB(A)	Categoria	Descrição da resposta
0	Nenhuma	Nenhuma reação observada
5	Pequena	Reclamações esporádicas a freqüentes
10	Média	Reclamações generalizadas
15	Forte	Reação enérgica da comunidade
20	Muito forte	Reação vigorosa e agressiva da comunidade

Fonte: *International Standard Organization* 1996 (1971)

Nota: Na versão 2003 dessa norma, não consta mais a tabela acima, devido às decisões da *International Organization for Standardization* de deixar critérios de resposta para cada país ou região, já que eles envolvem também questões culturais e legislações/normas locais. Entretanto, a classificação apresentada nas versões anteriores continua largamente utilizada e comprovada na avaliação de ruído comunitário.

A utilização desses procedimentos para analisar eventos individuais se justifica pelo fato do nível de ruído de fundo ser relativamente baixo e do número de operações aéreas ainda ser pequeno. Em consequência, o incômodo sobre a população é grande.

Cada medição consistiu em registrar o nível de pressão sonora por um período que englobava cada operação de pouso ou decolagem. Tipicamente isto foi de 1 a 2 minutos. O valor do L_{max} foi obtido para esse período. Foi anotada também a hora da operação para posterior levantamento do tipo de aeronave a partir do registro da movimentação do aeroporto.

8 RESULTADOS

8.1 Medição do Ruído de Fundo

São apresentados, na Tabela 5, os níveis de ruído de fundo, ponderados em “A”, representados pelo nível sonoro contínuo equivalente L_{Aeq} , o nível máximo L_{Amax} , o nível mínimo L_{Amin} , e os níveis estatísticos, L_{10} , L_{50} e L_{90} .

Os valores foram arredondados para o decibel inteiro mais próximo. A incerteza da medição é estimada em ± 1 dB.

Tabela 5: Níveis de ruído [em dB (A) re 20 μ Pa]

Ponto	L_{eq}	L_{max}	L_{min}	L_{10}	L_{50}	L_{90}
1	47	53	37	50	46	43
2	44	64	38	44	40	39
3	50	65	45	51	48	46
4	45	59	41	47	44	42
5	46	58	40	48	44	42

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas e Medições Próprias (2005)

8.2 Ruído de Aeronaves

Nas tabelas 6 a 10, são apresentados os valores do nível sonoro máximo ponderado em A das operações aéreas nos pontos 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Na mesma tabela tem-se também o dia e a hora (referência local) da operação (pouso ou decolagem), categoria de aeronave e tipo de operação. O ruído na operação de decolagem sempre foi maior.

Os valores foram arredondados para o decibel inteiro mais próximo. A incerteza da medição é estimada em ± 1 dB.

Tabela 6: Níveis de ruído de operações aéreas [em dB re 20 μ Pa] no Ponto 1
– Condomínio Residencial Chácara Primavera

Categoria de aeronave	Tipo de Operação	Dia	Hora (local)	L_{Amax}
Cesna 172	Decolagem	05-ago-2005	10h 49 min	40
PA 31	Decolagem	05-ago-2005	10h 53 min	51
PA 34	Decolagem	05-ago-2005	11h 21 min	49
Reboque de Planador	Decolagem	05-ago-2005	14h 34 min	43
Reboque de Planador	Decolagem	05-ago-2005	14h 40 min	46
Citation 560	Decolagem	05-ago-2005	14h 52 min	68
Helicóptero	Decolagem	05-ago-2005	15h 08 min	56

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2005)

Tabela 7: Níveis de ruído de operações aéreas [em dB re 20 μ Pa] no Ponto 2 – Centro Agrícola (próxima pista, acima das casas)

Categoria de aeronave	Tipo de Operação	Dia	Hora (local)	L_{Amax}
Citation C56X	Pouso	01-ago-2005	10h 10 min	54
PA 32	Decolagem	01-ago-2005	13h 20 min	47
LJ 24	Pouso	01-ago-2005	13h 52 min	45
Citation 414	Decolagem	01-ago-2005	13h 54 min	55
AC 50	Decolagem	01-ago-2005	14h 10 min	68
BE 35	Decolagem	01-ago-2005	14h 35 min	58
Citation 560	Decolagem	05-ago-2005	13h 50 min	75

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2005)

Tabela 8: Níveis de ruído de operações aéreas [em dB re 20 μ Pa] no Ponto 3 – Centro Agrícola (próximo lago)

Categoria de aeronave	Tipo de Operação	Dia	Hora (local)	L_{Amax}
Cesna 172	Decolagem	05-ago-2005	10h 50 min	46
PA31	Decolagem	05-ago-2005	10h 55 min	56
PA34	Decolagem	05-ago-2005	11h 23 min	56
Reboque de planador	Decolagem	05-ago-2005	14h 35 min	58
Reboque de planador	Decolagem	05-ago-2005	14h 40 min	65
Citation560	Decolagem	05-ago-2005	14h 55 min	82
Helicóptero	Decolagem	05-ago-2005	15h 10 min	62

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2005)

Tabela 9: Níveis de ruído de operações aéreas [em dB re 20 μ Pa] no Ponto 4 – Centro Agrícola (próximo ao hangar da TAM)

Categoria de aeronave	Tipo de Operação	Dia	Hora (local)	L_{Amax}
Pa34	Decolagem	01-ago-2005	14h 44 min	76
Citation 750	Decolagem	05-ago-2005	13h 50 min	77
Reboque de planador	Decolagem	05-ago-2005	14h 15 min	70
ML7	Decolagem	05-ago-2005	15h 30 min	63
PA34	Decolagem	05-ago-2005	15h 34 min	68
PA28A	Decolagem	05-ago-2005	15h 39 min	64
PA34	Decolagem	05-ago-2005	15h 48 min	71

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2005)

Tabela 10: Níveis de ruído de operações aéreas [em dB re 20 μ Pa] no Ponto 5 – Centro Agrícola (entre lago e casa amarela)

Categoria de aeronave	Tipo de Operação	Dia	Hora (local)	L_{Amax}
Cesna 172	Decolagem	05-ago-2005	10h 50 min	63
PA31	Decolagem	05-ago-2005	11h 00 min	72
PA34	Decolagem	05-ago-2005	11h 27 min	60
Reboque de planador	Decolagem	05-ago-2005	14h 36 min	51
Reboque de planador	Decolagem	05-ago-2005	14h 42 min	50
Citation 560	Decolagem	05-ago-2005	14h 51 min	77
Reboque de planador	Decolagem	05-ago-2005	15h 04 min	52

Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2005)

9 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados foram analisados focando a Adequação do Zoneamento do Aeroporto e o Impacto na Comunidade.

9.1 Adequação do Zoneamento do Aeroporto

Aeroportos definem áreas e espaços circunvizinhos chamados de zonas de proteção. Qualquer tipo de implantação, pretendida nestas áreas, deve ser condicionada à legislação específica do Comando da Aeronáutica, no que diz respeito aos riscos que possa oferecer ao tráfego aéreo. Quanto ao aproveitamento do solo, cada zona de proteção define áreas classificadas como áreas de implantação proibida e áreas de implantação restrita, além daquelas onde é livre o uso do solo, aqui chamadas de áreas de implantação permitida.

Área I, por ser a mais próxima da pista, é aquela onde o ruído aeronáutico é mais intenso, podendo ocasionar sérios problemas de incômodo conforme o tempo de exposição. Nesta área, a maioria das atividades urbanas é proibida.

Área II – Área do Plano de Zoneamento de Ruído, compreendida entre as curvas de nível de ruído 1 e 2, onde são registrados níveis de incômodo sonoro moderados. O nível de pressão sonora máximo recomendado nesta zona é 65 dB(A).

Área III – Área do Plano de Zoneamento de Ruído, exterior à curva de ruído de nível 2, onde normalmente não são registrados níveis de incômodo sonoro significativos. O nível de pressão sonora máximo recomendado nesta zona é 50 dB(A), ou o nível de ruído pré-existente se for maior.

Nas tabelas 11 a 15 são apresentadas, para cada tipo de aeronave, os valores de nível máximo (L_{max}), a distância da pista, a zona demarcada e a operação de voo.

Tabela 11: Níveis de ruído para aeronave modelo Citation 560

Ponto	Distancia (m)	Zona	Operação	L_{max} (dB(A))
1	1600	III	decolagem	68
2	300	I	decolagem	75
3	900	III	decolagem	82
5	700	II	decolagem	77

Fonte: Tabela do autor (2005)

Tabela 12: Níveis de ruído para aeronave modelo Cesna 172

Ponto	Distancia (m)	Zona	Operação	L_{max} (dB(A))
1	1600	III	decolagem	40
3	900	III	decolagem	46
5	700	II	decolagem	63

Fonte: Tabela do autor (2005)

Tabela 13: Níveis de ruído para aeronave modelo PA31

Ponto	Distancia (m)	Zona	Operação	L_{max} (dB(A))
1	1600	III	decolagem	51
3	900	III	decolagem	56
5	700	II	decolagem	72

Fonte: Tabela do autor (2005)

Tabela 14: Níveis de ruído para aeronave modelo PA34

Ponto	Distancia (m)	Zona	Operação	L_{max} (dB(A))
1	1600	III	decolagem	49
3	900	III	decolagem	56
4	350	I	decolagem	76
4	350	I	decolagem	68
4	350	I	decolagem	71
5	700	II	decolagem	60

Fonte: Tabela do autor (2005)

Tabela 15: Níveis de ruído para aeronave modelo Reboque de Planadores

Ponto	Distancia (m)	Zona	Operação	L_{max} (dB(A))
1	1600	III	decolagem	46
3	900	III	decolagem	58
3	900	III	decolagem	65
4	350	I	decolagem	70
5	700	II	decolagem	51
5	700	II	decolagem	50
5	700	II	decolagem	52

Fonte: Tabela do autor (2005)

Na tabela 16 é apresentada uma seqüência decrescente do nível de ruído das aeronaves medidas, constatando a pior situação de ruído para aeronaves à jato, representado pelo modelo Citation 560.

Tabela 16: Ordem das aeronaves referente à emissão de ruído

	Tipos de aeronaves				
	Citation 560	PA 34	PA 31	Reboque planadores	Cesna 172
Ponto	3	4	5	4	5
Área	III	I	II	I	II
Nível de ruído	82	76	72	70	63

Fonte: Tabela do autor (2005)

Considerando o PEZR – Plano Especifico de Zoneamento de Ruído (referencia Instituto de Aviação Civil - IAC), com exceção da aeronave tipo Cesna 172, todas as demais excedem o limite recomendado pelo plano que é de 65 dB para área II, e todos os pontos no interior dessa instituição, inclusive os na área III, apresentaram níveis acima do nível de dos recomendados para esta zona.

A área II é uma das áreas, além dos limites dos aeródromos, com restrições ao uso do solo e no interior da qual devem ser evitadas novas construções de residências, escolas, igrejas, hospitais, hotéis, teatros e auditórios. No caso de ser inevitável a construção de edificações desses tipos, bem como para aquelas já existentes, recomenda-se a adoção de medidas adequadas para atenuação do ruído desses edifícios.

Encontra-se no interior da área II uma instituição de pesquisa agrícola, onde há, além dos laboratórios, residências dos funcionários. Também dentro da zona II, encontra-se uma escola técnica, próxima à cabeceira 17.

Todos os pontos no interior dessa instituição, inclusive os na área III, apresentaram níveis acima dos recomendados.

Pelo mesmo motivo da baixa movimentação aérea, não foi possível obter resultados a respeito dos níveis de ruído no interior dos condomínios a oeste do aeroporto, pontos um pouco mais afastado que os pontos medidos no interior do Centro Agrícola.

9.2. Impacto na Comunidade

Foram consolidados os dados pelas zonas II e III, levando em consideração a localização do ponto de medição. Para a zona III, onde não deveria haver incômodo notável, foi realizada uma avaliação do impacto na comunidade conforme os critérios da tabela 4, acima.

Tabela 17: Valores em que o ruído excede a referencia [dB (A)]

Tipos de Aeronaves	Área I (70 dB(A))		Área II (65 dB(A))	Área III (50 dB(A))	
	Ponto 2	Ponto 4	Ponto 5	Ponto 3	Ponto 1
Citation 560	5		12	32	18
PA34		1	-5*	6	-1*
PA31			7	6	1
Reboque de Planadores		0	-13*	15	-4*
Cesna 172			-2*	-4*	-10*
Helicóptero				12	6

(*) O sinal negativo significa valor abaixo do critério estabelecido

Fonte: Tabela do autor (2005)

A avaliação da resposta potencial da comunidade na zona III, para cada tipo de aeronave, é apresentada na Tabela 11.

Tabela 18: Estimativa da resposta da comunidade (área III)

Tipo de aeronave	Categoria da Resposta
Citation 560	Muito forte
PA34	Pequena
PA31	Pequena
Reboque de planadores	Forte
BE36	Pequena
Helicóptero	Média
CR22	Média
Cesna 172	Nenhuma

Fonte: Tabela do autor (2005)

Com exceção da resposta relacionada ao do Cesna 172, varia de *baixa* para *muito forte*, portanto muito significativa. Espera-se que, se mantidas as condições atuais no que se refere ao modelo das aeronaves e, se aumentado o movimento de pouso/decolagem, as reclamações comecem a surgir, principalmente por parte de escolas da área limítrofe.

10 CONCLUSÕES

Ao fazer o levantamento dos níveis de ruído da vizinhança do aeroporto Comandante Rolim, ficou mais evidente as diversas informações que se pôde obter com este tipo de investigação. Esta informação é fonte de dados para um melhor direcionamento do planejamento de aeroportos e do crescimento do tráfego aéreo, pois se não houver este planejamento, a qualidade de vida da população pode acabar comprometida.

Foi constatado, embora com uma pequena amostragem nas vizinhanças do aeroporto, que o nível de pressão sonora ali presente estava acima do limite estabelecido no PEZR – Plano Especifico de Zoneamento de Ruído para conforto na comunidade, em alguns períodos de medições. Nos pontos onde fora realizada as medições acústicas, o ruído aeronáutico foi considerado como a principal fonte de ruído. Assim, medida de mitigação deveria ser tomada.

A avaliação do impacto do ruído de operações aéreas na comunidade, utilizando como parâmetro quanto o resultado da medição excede o critério estabelecido, mostra que há efetivamente incômodo significativo na zona III (sem restrições do uso do solo) podendo provocar uma resposta enérgica da comunidade.

Considerando a relativa baixa movimentação do aeroporto e, conseqüentemente poucos dados utilizado neste levantamento inicial, não foi possível estimar o alcance, no interior da zona III, com relação ao impacto do ruído. Todavia, espera-se que em outros pontos na zona III, com a mesma distância, seja registrado nível de ruídos similares. Um estudo completo deste tipo deve lançar mão também das ferramentas de mapeamento sonoro para complementar as medições. Essa ferramenta é um sistema de informação geográfica (SIG) na qual é calculada a curva isossônica, sobrepondo essa informação em mapas topográficos, permitindo-se, assim, estimar a abrangência do impacto.

Considerando-se o PEZR, pode-se perceber ainda uma tendência de ocupação dos terrenos vazios para novas construções, tanto na zona II como na zona III. Já que neste estudo foi constatado nível acima do recomendado para todas as aeronaves, exceto os pequenos monomotores, uma linha de ação poderia examinar a adequação das delimitações do zoneamento estabelecido para o aeroporto. Dentro desta linha recomenda-se a ampliação da largura da zona II (zona onde não é permitida a instalação de residências, escolas e hospitais), afastando assim a divisa com a zona III para uma distância maior da pista do aeroporto.

Reconhece-se que alterar a sistemática de zoneamento de aeroportos é uma tarefa complexa e requer estudos mais amplos. De qualquer maneira, os resultados obtidos pela medição do nível de ruído pode auxiliar, então, no planejamento da implantação dessas edificações, ao indicar os locais mais silenciosos e os locais mais ruidosos do aeroporto e da vizinhança. Este resultado pode auxiliar na elaboração do próprio projeto dos empreendimentos, indicando, por exemplo, a orientação e o sistema construtivo a ser adotado pelas edificações.

A partir dos resultados obtidos e de acordo com o PEZR, pode-se proibir ou autorizar novas edificações de modo a garantir o conforto acústico da região, favorecendo a realização das atividades escolares, industriais, de criação de animais como também o bem-estar da comunidade.

Finalmente, recomenda à Prefeitura do Município de Jundiá atenção ao plano específico de zoneamento de ruído do aeródromo especialmente no licenciamento de atividades ou aprovação de novas edificações na zona de nível de ruído III. Todavia, considera que a movimentação do aeroporto deve aumentar nos próximos anos, por esse motivo é importante avaliar o redimensionamento do PEZR - Plano Específico de Zoneamento de Ruído pelo DAC – Departamento de Aviação Civil, bem como o Planejamento do Uso do Solo por parte da Prefeitura de Jundiá. Pode ser considerado o aumento das áreas restritivas para atividades de um modo geral visando evitar futuras polêmicas com relação ao impacto do ruído nesta vizinhança, principalmente nas divisas das zonas II e III.

Na área ao leste do aeroporto, entre o aeroporto e a rodovia Bandeirantes, não deve haver problema, já que o movimento da própria rodovia afasta empreendimentos residenciais. Entretanto, na área ao oeste, esta surgindo novos condomínios residenciais.

Os conhecimentos adquiridos a partir do estudo do método aplicado para o levantamento acústico por outros trabalhos investigativos, somado a experiência obtida com a realização do levantamento acústico na vizinhança do aeroporto de Jundiá, faz perceber a complexidade de aplicar métodos do mapeamento sonoro ao estudo de ruído aeronáutico. Espera-se que o estudo sobre o futuro tenha como base a aplicação destas técnicas. A medição realizada serve para ajustar e ratificar o modelo de mapeamento.

O importante neste processo é conhecer muito bem as características do local a ser amostrado para que seja possível elaborar o método a ser adotado de modo que o resultado obtido reflita as peculiaridades do ambiente acústico em estudo. As informações obtidas nesta pesquisa favorece a

elaboração, de diversas diretrizes e sugestões que pode auxiliar o planejamento de levantamentos acústicos.

Neste trabalho não foi possível obter conclusões definitivas, devido a pequena movimentação de aeronaves, especialmente das de maior emissão de ruído. A baixa movimentação limita a obtenção de dados por medição numa malha ampla de pontos, como também limita o uso de índices mais completos para a avaliação do impacto do ruído na vizinhança. Outro estudo deve, além do mapeamento sonoro, ampliar a malha de pontos de medição.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151**: Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2000. 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.152**: Níveis de ruído para o conforto acústico. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 7p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7731**: Guia para execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação dos seus efeitos sobre o homem. Rio de Janeiro: ABNT, 1983. 11p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12314**: Aeronáutica – Critérios de ruído para recintos internos nas edificações submetidas ao ruído aeronáutico. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8572**: Fixação de valores de redução de nível de ruído para tratamento acústico de edificações expostas ao ruído aeronáutico. Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **TB - 389**: Ruído aeronáutico. Rio de Janeiro: ABNT, 1990. 10p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9543**: Aeronaves e equipamentos associados – medição de ruído externo de unidades auxiliares de potência. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 8p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13368**: Ruído gerado por aeronaves – monitoração . Rio de Janeiro: ABNT, 1995. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NB - 1240**: Determinação do nível efetivo de ruído percebido (EPNL) de sobrevôo de aeronaves. Rio de Janeiro: ABNT, 1989. 9p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12859**: Avaliação do impacto sonoro gerado por operações aeronáuticas. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13369**: Cálculo simplificado do nível de ruído equivalente contínuo (L_{eq}). Rio de Janeiro: ABNT, 1995. 1p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **P – TB - 143** : Poluição sonora. Rio de Janeiro: ABNT, 1973. 29p.

BERISTÁIN, S. El ruido es un serio contaminante. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMALIZAÇÃO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 135-142.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Centro Gráfico do Senado Federal, 1988. 292p.

BRASIL. Ministério da Aeronáutica. **Lei N^o 7.565, de 19 de novembro de 1986**. Código Brasileiro de Aeronáutica, substitui o Código Brasileiro do Ar. <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/leis/cba.pdf>>. Acesso em: 02 fevereiro 2006.

BRASIL. Ministério da Aeronáutica. **Portaria N^o 1.141/GM5, de 08 de dezembro de 1987**. <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/leis/cba.pdf>>. Acesso em: 02 fevereiro 2006.

BRASIL. Ministério da Aeronáutica. **Portaria N^o 717/GC-5, de 04 de novembro de 1999**. <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/leis/cba.pdf>>. Acesso em: 02 fevereiro 2006.

BRASIL. Departamento de Aviação Civil - DAC. **Portaria N^o 0629/GM5, de 02 de maio de 1984**. <<http://www.anac.gov.br/biblioteca/leis/cba.pdf>>. Acesso em: 02 fevereiro 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Diagnóstico da gestão ambiental nas unidades da federação: relatório final – Estado de São Paulo**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 001, de 08 de março de 1990**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>. Acesso em: 02 fevereiro 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA n. 002, de 8 de março de 1990**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/index.html>. Acesso em: 02 fevereiro 2005.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria n. 3214, 8/6/78, **NR 15**: Atividades e operações insalubres. Disponível em: <http://www.mte.gov.br/Temas/SegSau/Legislacao/Normas/Default.asp>. Acesso em: 02 fevereiro 2005..

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

CAMPOS, A. C. A.; CERQUEIRA, E. A.; SATTLER; M. A. Ruídos urbanos na cidade de Feira de Santana. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ENTAC, 2002. p. 125-134.

CAREY, J. H. Environmental noise monitoring; what to measure? In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METROLOGIA EM ACÚSTICA E VIBRAÇÕES, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 17, 1996, Petrópolis. **Anais...** Petrópolis: SOBRAC, 1996. p. 207-210.

CASALI, J. G. Acoustical litigation issues in community noise annoyance. In: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 19, 2000, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRAC, 2000. p. 1-16.

Departamento de Aviação Civil, Portaria n 0629/GM5: “**Plano específico de Zoneamento de Ruído (PEZR)**”, 02 de maio de 1984.

Empresa de Engenharia Ambiental Ltda: “**Plano de Monitoramento da Qualidade Ambiental do Aeroporto de Jundiaí**”, junho/2004

ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 169-177.

FERRARI, P.D.D. **Regras Aeroportuárias para Combate do Ruído Aeronáutico**, 2004 Disponível em:

<<http://www.infra.ita.br/~claudioj/ruído.html>>. Acesso em: 02 março 2005.

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

HOLANDA, A.B.de. **Dicionário Eletrônico** versão 3.0 São Paulo, 1975

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996/1**: Acoustics: Description and measurements of environmental noise. Part 1: Basic quantities and procedures, 1996/1. Geneva, 1982. 5p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996/2**: Acoustics: Description and measurements of environmental noise. Part 2: Acquisition of data pertinent to land use, 1996/2. Geneva, 1987. 7p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 1996/3**: Acoustics: Description and measurements of environmental noise. Part 3: Application to noise limits, 1996/3. Geneva, 1987. 3p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 3891**. Acoustics: Procedure for describing aircraft noise heard on the ground. Geneva, 1978 23p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Resultados de Medições e Análises da Primeira Campanha de Monitoramento do Ruído nas imediações do aeroporto de Jundiaí**. São Paulo: IPT/Acústica, 2005, 9p. (Relatório Técnico RT 811.767.205)

JUNDIAÍ. Prefeitura Municipal de Jundiaí. **Lei de Zoneamento (Lei Complementar n. 416, de 29 de dezembro de 2004)**. Disponível em: <http://www.jundiai.sp.gov.br/secretarias/smpma/index2.html>>. Acesso em: 16 fevereiro 2005.

JUNDIAI. Prefeitura Municipal de Jundiaí. **Lei Orgânica do Município de Jundiaí de 05 de abril de 1990: artigo 160** capítulo IV Disponível em:< http://www.camarajundiai.sp.gov.br/leis/download/Lei_Organica.pdf >. Acesso em: 16 fevereiro 2005.

JUNDIAI. Câmara Municipal de Jundiaí. **Lei dos Ruídos Urbanos e da Proteção ao Bem Estar e ao Sossego Público – Lei n. 1.324 de 27 de dezembro de 1965**.

JUNDIAI. Câmara Municipal de Jundiaí. **Lei n 4.718, de 12 de fevereiro de 1996 – Regula o controle de atividades geradoras de poluição sonora**.

JUNDIAI. Prefeitura Municipal de Jundiaí. **Código de projetos e execução de obras e edificações do município de Jundiaí: Lei Complementar n. 174 de 09 de janeiro de 1996** Disponível em: <http://www.jundiai.sp.gov.br/secretarias/smo/codigo_de_obras.pdf>. Acesso em: 14 outubro 2005.

JUNDIAI. Prefeitura Municipal de Jundiaí. **Plano Diretor do Município de Jundiaí: Lei Complementar n. 415 de 29 de dezembro de 2004**. Disponível em:

<<http://www.jundiai.sp.gov.br/secretarias/smpma>>./legislação/lc_415-04.pdf>
Acesso em: 16 fevereiro 2005.

LANDIM, P. M. B.; MONTEIRO, R. C.; CORSI, A. C. **Introdução à confecção de mapas pelo software Surfer®**. Geomatemática, Texto Didático 8, DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, 2002.

Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em: 23 março 2005.

MAEKAWA, Z.; LORD, P. **Environmental and architectural acoustics**. London: E & FN Spon, 1994. 377p.

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

PALHARES, D. A. G., et al. Mapeamento sonoro do ruído do tráfego viário nas grandes cidades. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE METROLOGIA EM ACÚSTICA E VIBRAÇÕES, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 17, 1996, Petrópolis. Anais... Petrópolis: SOBRAC, 1996. p. 215-218.

SALIBA, TUFFI MESSIAS. **Manual Prático de Avaliação e Controle do Ruído**, São Paulo, 2004.

SEVERINO, ANTONIO JOAQUIM. **Metodologia do Trabalho Científico**, São Paulo, 2007.

SLAMA, J. G.; NIEMEYER, M. L. A. Estratégias para elaboração de uma legislação para o controle do ruído urbano em região de clima tropical úmido. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA, 1; SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMALIZAÇÃO EM ACÚSTICA DO MERCOSUL, 1; ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 18, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SOBRAC, 1998. p. 499-502.