

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES

**CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO DOS PLANOS
BÁSICOS DE ZONEAMENTO DE RUÍDO**

PAULO JAYME PEREIRA ABDALA

ORIENTADORA: YAEKO YAMASHITA, PHD

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO EM AVIAÇÃO CIVIL

**PUBLICAÇÃO: E-TA-005A/2003
BRASÍLIA/DF: FEVEREIRO/2003**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
CENTRO DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES

**CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO DOS PLANOS
BÁSICOS DE ZONEAMENTO DE RUÍDO**

PAULO JAYME PEREIRA ABDALA

**MONOGRAFIA DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO SUBMETIDA AO CENTRO DE
FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ESPECIALISTA EM GESTÃO
DA AVIAÇÃO CIVIL**

APROVADA POR:

YAEKO YAMASHITA, PhD (UnB)
(Orientadora)

ADYR DA SILVA, PhD (UnB)
(Examinador)

JOSÉ MATSUO SHIMOISHI, Dr. (UnB)
(Examinador)

BRASÍLIA/DF, FEVEREIRO DE 2003

FICHA CATALOGRÁFICA

ABDALA, PAULO JAYME PEREIRA

Critérios Para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído

xiii, 80p, 210x297mm (CEFTRU/UnB, Especialista, Gestão da Aviação Civil, 2003).

Monografia de Especialização – Universidade de Brasília, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, 2003

1. Ruído Aeronáutico
3. Poluição Sonora

2. Plano de Zoneamento de Ruído
4. Meio Ambiente

I. CEFTRU/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABDALA, P. J. P. (2003). Critério Para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído, Monografia de Especialização, Publicação E-TA-005 A/03, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, Universidade de Brasília, Brasília/DF, 80 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Paulo Jayme Pereira Abdala

TÍTULO DA MONOGRAFIA: Critério Para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído

GRAU/ANO: Especialista / 2003

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de especialização e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de especialização, pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Paulo Jayme Pereira Abdala

DEDICATÓRIA

et clamabant alter ad alterum et dicebant
sanctus sanctus sanctus Dominus exercituum plena est omnis terra gloria eius

E clamavam uns para os outros, dizendo:
Santo, santo, santo é o SENHOR dos Exércitos; toda a terra está cheia da sua glória.

Isaias 6-3

Dedicado ao GRANDE SENHOR DOS EXÉRCITOS
DOMINUS EXERCITUUM – DOMINUS DOMINATORIUM - REX REGNUM

*Dedicado também a minha Querida Esposa Marcia
Meus Pais
Meu Irmão*

É verdadeiramente digno,

*justo e de nosso dever
que em todos os tempos e em todos os lugares Te demos graças
SENHOR Santo PAI,
onipotente e eterno DEUS,
mediante JESUS CRISTO nosso SENHOR.*

*Portanto com os anjos e arcangels
e com toda a companhia celeste
louvamos e magnificamos o Teu glorioso nome
exaltando-Te sempre dizendo:*

Santo, santo, santo. Santo é o SENHOR DEUS dos Exércitos.

Os céus e a terra estão cheios de sua glória.

Hosana, hosana, hosana nas alturas.

Bendito, bendito, bendito aquele que vem em nome do SENHOR.

Hosana, hosana, hosana nas alturas.

Liturgia da Igreja Luterana

AGRADECIMENTOS

Aos meus amigos e companheiros do Laboratório de Ruído Aeronáutico e Emissões de Motores Fabio Scatolini, Ivone Nascimento e Silva, Célio Augusto do Nascimento Cruz e Dante Bruno Filho;

Aos amigos Milton Valdir de Matos Feitosa, Erivelton Pires Guedes, Beatriz Delpino Pereira Blinder, Roberta de Roode Torres e Carlos Alberto Fonteles de Souza pela troca de idéias e colaborações dadas para a execução deste trabalho;

Ao amigo Rafael Waltz Matera pelo auxílio dado na configuração do computador usado para desenvolver esta monografia;

A minha amiguinha Elizabeth Sá Antunes de Andrade pela ajuda na tradução do resumo;

Ao Mestre Adyr da Silva pelas preciosas informações dadas durante o desenvolvimento do curso;

A minha orientadora Yaeko Yamashita;

Agradeço imensamente a minha esposa Marcia pela paciência demonstrada comigo.

Agradeço principalmente ao meu Senhor JESUS pela salvação!

RESUMO

CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO DOS PLANOS BÁSICOS DE ZONEAMENTO DE RUÍDO

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído para os Planos Básicos de Zoneamento de Ruído - PBZR, que seja compatível com os requisitos previstos na legislação ambiental brasileira. Inicialmente são apresentados os fundamentos teóricos da acústica aplicada ao ruído aeronáutico e a base legal que envolvem as questões relacionadas à poluição sonora no Brasil. Em seguida é apresentado o desenvolvimento do Critério Proposto, que é posteriormente avaliado e validado por meio de sua aplicação em um estudo de caso. Por fim, este trabalho mostra as limitações do atual sistema de seleção de Curvas de Nível de Ruído dos PBZRs, e aponta para de necessidade de sua revisão.

ABSTRACT

This study presents the development of a Criteria to Select the Noise Contours for the Basic Noise Zoning Plan – BNZP, which is compatible with the requirements prescribed in the Brazilian environmental legislation. The initial part of the study covers the theoretical basis of acoustics applied to aircraft noise and the legal basis involving the issues related to noise pollution in Brazil. Following, the study presents the development of the Proposed Criteria, which is subsequently assessed and validated by means of its application in a case study. Finally, the study introduces the limitations of the system in use for selecting the noise contours for the BNZP and points to the necessity of a revision.

SUMÁRIO

Capítulo		Página
1	INTRODUÇÃO	1
1.1	APRESENTAÇÃO	1
1.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	2
1.3	JUSTIFICATIVA	2
1.4	HIPÓTESE	3
1.5	OBJETIVO	3
1.6	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	4
2	ACÚSTICA APLICADA AO RUÍDO AERONÁUTICO	6
2.1	APRESENTAÇÃO	6
2.2	FUNDAMENTOS DE ACÚSTICA	6
2.2.1	O Som	6
2.2.2	Amplitude e Decibel	6
2.2.3	Soma de Níveis de Pressão Sonora	7
2.2.4	Nível de Exposição Sonora – Sound Exposure Level – SEL	8
2.2.5	Nível Equivalente de Ruído – Leq	9
2.2.6	Freqüência	9
2.2.7	Audibilidade (loudness)	10
2.2.8	Filtros de Ponderação	12
2.3	CAMPO ACÚSTICO	13
2.4	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE INCÔMODO	14
2.4.1	Método Brasileiro – Índice Ponderado de Ruído – IPR	14
2.5	MODELO INTEGRADO DE RUÍDO – INTEGRATED NOISE MODEL-INM	15
2.5.1	Apresentação do INM5.2a	15
2.5.2	Da Aplicação do INM5.2a	15
3	LEGISLAÇÕES E NORMAS APLICADAS AO RUÍDO AERONÁUTICO	17
3.1	APRESENTAÇÃO	17

3.2	ASPECTOS CONSTITUCIONAIS	17
3.3	LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	18
3.3.1	Lei N° 6.938, de 31 de agosto de 1981	18
3.3.2	Resolução CONAMA N° 001, de 8 de março de 1990	19
3.4	LEGISLAÇÕES AERONÁUTICAS	20
3.4.1	Código Brasileiro de Aeronáutica, Lei nº 7.565, de dezembro de 1986	20
3.4.2	Portaria N° 1.141/GM5, de 8 de dezembro de 1987	21
3.4.2.1	Das Definições Gerais	21
3.4.2.2	Das Definições Relativas ao Ruído Aeronáutico	22
3.4.2.3	Plano Básico de Zoneamento de Ruído da Portaria N° 1.141/GM5	24
3.4.2.4	Restrições Impostas Para as Áreas Dentro dos Planos de Zoneamento de Ruído da Portaria N° 1.41/GM5	26
3.4.3	Legislação Sobre Aeronaves Ruidosas	29
4	DESENVOLVIMENTO DO CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO DOS PLANOS BÁSICOS DE ZONEAMENTO DE RUÍDO	31
4.1	APRESENTAÇÃO	31
4.2	INTRODUÇÃO AO CRITÉRIO PROPOSTO	31
4.3	DESENVOLVIMENTO DO CRITÉRIO PROPOSTO	33
4.4	COMPOSIÇÃO DO CRITÉRIO PROPOSTO	39
4.5	PROCEDIMENTO PARA UTILIZAÇÃO DO CRITÉRIO PROPOSTO	39
5	DESENVOLVIMENTO DE CURVAS DE RUÍDO: ESTUDO DE CASO	42
5.1	APRSENTAÇÃO	42
5.2	AEROPORTO DE CRICIÚMA – CONTEXTO GERAL	42
5.2.1	Características Físicas	42
5.2.2	Previsão de Demanda de Movimentos	42
5.3	ESCOLHA DO CENÁRIO E DAS AERONAVES	43

5.4	DIMENSIONAMENTO DAS CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO 1 E 2	45
6	ANÁLISE DE RESULTADOS	48
6.1	APRESENTAÇÃO	48
6.2	APLICAÇÃO DA PORTARIA Nº 1.141/GM5 PARA O AEROPORTO DE CRICIÚMA – SBCM	48
6.3	ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO DO AEROPORTO DE CRUCIÚMA	50
7	CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES, RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES	51
7.1	APRESENTAÇÃO	51
7.2	CONCLUSÕES	51
7.3	LIMITAÇÕES DO CRITÉRIO PROPOSTO	51
7.4	RECOMENDAÇÕES	52
7.5	SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	52
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXOS		
A.1	COEFICIENTES DE RUÍDO DE AERONAVES	56
A.2	DESCRIÇÃO DAS AERONAVES	60
A.3	LISTA DE EQUIVALÊNCIA DE AERONAVES	65
A.4	LISTA DOS PLANOS ESPECÍFICOS DE ZONEAMENTO DE RUÍDO	75

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Tabela 2.1 Reação Comunitária Esperada em Função do IPR	15
Tabela 3.1 Nível de Critério de Avaliação para Ambientes Externos, em dB (A)	20
Tabela 3.2 Dimensionamento das Curvas de Ruído na Portaria Nº 1.141/GMS	26
Tabela 4.1 Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído	38
Tabela 4.2 Panorama de Operações Previstas para Aeródromo Fictício	39
Tabela 4.3 Coeficientes de Ruído das Aeronaves	40
Tabela 4.4 Critério para seleção Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído	41
Tabela 5.1 Previsão de Movimento de Aeronaves Anual (Pousos + Decolagem) no Aeroporto de Criciúma	43
Tabela 5.2 Previsão do Perfil das Aeronaves do Segmento Doméstico Regional que Deverão Operar no Aeroporto de Criciúma-SC	43
Tabela 5.3 Panorama de Operações Previstas para o Aeroporto de Criciúma em 2017	45
Tabela 5.4 Coeficientes de Ruído de Aeronaves	45
Tabela 5.5 Critérios para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído	47

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
Figura 2.1	Curvas de Audibilidade	11
Figura 2.2	Curvas dos Filtros A, B, C, D, E e SI	12
Figura 3.1	Esquema da Curva do Plano Básico de Zoneamento de Ruído da Portaria Nº 1.141/GM5	26
Figura 4.1	Passos para a Elaboração do Critério Proposto	33
Figura 4.2	Representação Esquemática da posição do Ponto de Energia Máxima Sonora em Relação ao Conjunto Grandes de Curvas de Nível de Ruído da Portaria Nº 1.141/GM5	36
Figura 4.3	Representação Esquemática da posição do Ponto de Energia Máxima Sonora em Relação ao Conjunto Médio de Curvas de Nível de Ruído da Portaria Nº 1.141/GM5	36
Figura 4.4	Representação Esquemática da posição do Ponto de Energia Máxima Sonora em Relação ao Conjunto Pequeno de Curvas de Nível de Ruído da Portaria Nº 1.141/GM5	36
Figura 5.1	Esquema da Curva do Plano Básico de Zoneamento de Ruído da Portaria Nº 1.141/GM5	47

LISTA DE SIGLAS E ABREVIAÇÕES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBA	Código Brasileiro de Aeronáutica
CFB	Constituição Federal Brasileira
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONTRAN	Conselho Nacional de Transito
DAC	Departamento de Aviação Civil
FAA	Federal Aviation Administration
IAC	Instituto de Aviação Civil
IPR	Índice Ponderado de Ruído
OACI	Organização Internacional de Aviação Civil
NCA	Nível de Critério de Avaliação
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente
PZR	Plano de Zoneamento de Ruído
PBZR	Plano Básico de Zoneamento de Ruído
PEZR	Plano Específico de Zoneamento de Ruído
SC	Santa Catarina
SI	Sistema Internacional
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente

1. INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

O ruído aeronáutico é considerado o principal problema ambiental produzido pela aviação civil, pois afeta diretamente a qualidade de vida de um grande número de pessoas que residem nas proximidades dos grandes aeroportos e que, em geral, não são beneficiadas, de forma direta, pelas atividades aeroportuárias. Primordialmente este problema está relacionado às operações de pouso, decolagem, taxiamento e teste de motores. Como fator secundário, pode-se incluir também como ruído resultante da atividade aeronáutica aquele emitido por equipamentos de apoio a aeronaves no solo, embora estes afetem mais diretamente as pessoas que circulam nas áreas operacionais dos aeroportos.

A história do ruído aeronáutico se confunde com a própria origem da aviação, entretanto somente a partir da década de 50, com o aparecimento das grandes aeronaves comerciais a jato e o aumento do número de movimentos, este impacto passou a ser considerado como crítico.

Desde o início da década de 80, o Brasil vem buscando minimizar os efeitos ambientais adversos originados da implantação e operação de aeroportos, por intermédio de uma legislação voltada para a prevenção dos impactos do meio ambiente, em particular o ruído aeronáutico.

Estas medidas objetivam proteger os elevados investimentos feitos pela União em infra-estrutura aeroportuária, que poderiam ter suas capacidades limitadas pelas questões ambientais.

O controle da ocupação e uso do solo nas áreas de entorno de aeroportos é de vital importância para a proteção de suas operações e futuro desenvolvimento. O Brasil possui uma política extremamente bem definida neste sentido, contando com centenas de Planos de Zoneamentos de Ruído, sendo que 92 destes planos foram desenvolvidos especificamente para os aeroportos mais importantes do país.

A maioria esmagadora dos aeródromos brasileiros está sujeita as regras estabelecidas pelos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído da Portaria Nº 1141/GM5. Entretanto, com o avanço ocorrido na Aviação Civil brasileira nos últimos anos, tornou-se difícil o enquadramento de muitos destes aeródromos nas categorias estabelecidas por esta Portaria. Além disso, ressalta-se

o fato da necessidade da compatibilização das atividades aeroportuárias com os padrões ambientais implantados no Brasil a partir do início da década de 90.

Por este motivo, o desenvolvimento de um novo Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído possibilitará a adequação destas curvas com as legislações ambientais e com as atuais características operacionais de aeródromos brasileiros.

1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A inadequação do critério preconizado pela Portaria Nº 1141/GM5 para a determinação das Curvas Básicas de Ruído de aeródromos, em função das mudanças ocorridas na Aviação Civil Brasileira nos últimos anos e da implementação de legislações ambientais.

1.3 JUSTIFICATIVA

Os aeródromos podem ter o seu desenvolvimento afetado pela ocupação desordenada de suasáreas de entorno. Neste sentido, o Plano de Zoneamento de Ruído (PZR) é uma ferramenta poderosa que objetiva evitar que atividades incompatíveis com os níveis de ruído gerados por operações de aeronaves sejam implantadas nas áreas de entorno de aeródromos.

No Brasil, a Portaria Nº 1141/GM5 estabelece dois tipos de Planos de Zoneamento de Ruído, a saber:

- Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR) – Plano de aplicação genérica.
- Plano Específico de Zoneamento de Ruído (PEZR) – Plano feito especificamente para atender às necessidades de um determinado aeródromo.

A infra-estrutura aeroportuária brasileira conta atualmente com 715 aeródromos públicos, 1299 aeródromos privados e 16 aeródromos militares. Deste conjunto, a maioria se enquadra no PBZR e apenas 92 possuem PEZR aprovados (Anexo 4).

Cabe ressaltar que o PZR é composto pelas Curvas de Nível de Ruído, que delimitam áreas de acordo com o ruído gerado pelas operações em um aeródromo, e por restrições aplicáveis ao uso do solo dentro das áreas definidas pelas curvas.

No caso do PBZR, as Curvas de Nível de Ruído estão especificadas na Portaria Nº 1141/GM5, sendo necessário para a sua aplicação que o aeródromo se enquadre em uma das categorias listadas.

Com o desenvolvimento do Transporte Aéreo Brasileiro ocorrido nos últimos anos, tanto pelo aumento da demanda como pela substituição de aeronaves a hélice por jatos modernos nas companhias aéreas, tornou-se difícil o enquadramento de muitos aeródromos dentro dos critérios estabelecidos pela Portaria em tela.

Além disso, a partir de 1990, com a Resolução CONAMA Nº 001, os níveis de ruído emitidos pelas operações aeroportuárias devem ser compatíveis com os valores apresentados na Norma NBR 10151.

Tendo em vista que as Curvas de Nível de Ruído da Portaria Nº 1141/GM5 não guardam nenhuma relação com a NBR 10151, não é possível saber se um determinado aeródromo atende ou não a esta Norma. Este é um dos principais problemas, em matéria de poluição sonora, para a obtenção de licenciamento junto aos órgãos ambientais.

Sendo assim, o desenvolvimento de um novo critério para o enquadramento de aeródromos dentro das curvas especificadas pela Portaria Nº 1141/GM5 facilitará o atendimento das legislações ambientais quanto ao ruído.

1.4 HIPÓTESE

O desenvolvimento de um novo critério para seleção das curvas básicas de ruído possibilita a adequação destas curvas às legislações ambientais e às atuais características operacionais de aeródromos brasileiros.

1.5 OBJETIVO

Desenvolver um novo critério para seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Panos Básicos de Zoneamento de Ruído, que possibilite uma melhor adequação do volume e do tipo de operação em aeródromos brasileiros com os requisitos ambientais.

1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho encontra-se dividido em sete capítulos, com a seguinte organização:

No Capítulo 1, foram desenvolvidos os itens relativos à apresentação, justificativa do tema, definição do problema, objetivo, hipótese e definição quanto à organização do trabalho.

O Capítulo 2 aborda somente os principais fundamentos da acústica aplicada ao ruído aeronáutico, que serão necessários para a compreensão do Critério Proposto, apresentado no Capítulo 4.

O Capítulo 3 tem por finalidade apresentar os instrumentos legais, normas relacionadas direta ou indiretamente ao ruído aeronáutico. Para tanto, será fornecido um panorama global, que inicia com os aspectos mais generalistas abordados na Constituição Federal do Brasil, passando pela legislação aeronáutica que trata de Planos de Zoneamento de Ruído, para finalizar com a Legislação Ambiental Brasileira relacionada com a poluição sonora.

O Capítulo 4 tem por finalidade apresentar o Critério para a Seleção de Curvas de Nível de Ruído. Primeiramente é feita uma introdução geral sobre sua concepção, para em seguida demonstrar o desenvolvimento do Critério que busca garantir que as Curvas de Nível de Ruído sejam compatíveis com a Norma NBR 10151.

No Capítulo 5 será apresentado o estudo de caso envolvendo o Aeroporto de Criciúma - SC, o qual tem como objetivos a verificação da validade do Critério Proposto para a Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído e a comprovação da hipótese estabelecida no Capítulo 1.

No Capítulo 6 são estabelecidos os critérios para uma avaliação do Critério Proposto, bem como uma análise dos resultados obtidos no estudo do Aeroporto de Criciúma. Este Capítulo finaliza com a validação do Critério Proposto.

No Capítulo 7 são apresentadas as conclusões relativas ao Critério Proposto para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído. Além disso, serão apresentadas algumas deficiências e limitações técnicas que estão envolvidas no Critério em tela,

bem como algumas recomendações que poderão ser consideradas quando da revisão da Portaria Nº 1141/GM5, de 8 de dezembro de 1987.

Por fim serão feitas sugestões de trabalhos futuros, os quais poderão compor o conjunto de ferramentas necessárias para o desenvolvimento PBZRs mais adequados no Brasil.

2 ACÚSTICA APLICADA AO RUÍDO AERONÁUTICO

2.1 APRESENTAÇÃO

Segundo PIERCE (1981), acústica é a ciência que estuda o som, incluindo sua produção, transmissão e efeitos. Esta ciência tem ramificações na física, na engenharia, nas artes, na medicina, entre outras.

Tendo em vista a vasta área de aplicação desta ciência e considerando os objetivos deste trabalho, este capítulo aborda somente os principais fundamentos da acústica aplicada ao ruído aeronáutico que serão necessários para a compreensão do Critério Proposto, apresentado no Capítulo 4.

2.2 FUNDAMENTOS DE ACÚSTICA

2.2.1 O Som

O som é uma perturbação física em um meio (gasoso, líquido ou sólido), que pode ser detectado pelo ouvido humano. O meio no qual a onda sonora se propaga deve ter massa e elasticidade. Sendo assim, não existe propagação sonora no vácuo (HARIS, 1979).

A velocidade desta propagação depende das características específicas do meio. Quando a onda sonora se propaga no ar, a sua velocidade é afetada por de vários fatores tais como a temperatura, pressão e umidade. Normalmente esta velocidade gira em torno de 340 m/s (DOWLING, 1983).

O som possui três características principais: amplitude, freqüência e timbre. Dentro do escopo deste trabalho a amplitude sonora está relacionada com a pressão sonora captada pelo ouvido humano. A freqüência é a característica sonora que permite distinguir a altura sonora. Por fim, timbre refere-se ao conteúdo de freqüência de um determinado som.

2.2.2 Amplitude e Decibel

O ouvido humano é sensível à pressão sonora. A menor pressão que pode ser ouvido pela média de uma população saudável é de 20 μPa , a qual foi padronizada como o valor nominal para o limiar mínimo da audição humana, para fins de medições sonoras. Do outro lado da escala,

encontra-se o limite da dor, que ocorre com pressões sonoras da ordem de 100.000.000 μPa (HASSAL, 1979).

Embora seja possível expressar pressões sonoras em Pascal, a sua utilização não é prática em função das dificuldades de se expressar valores numéricos de ordens de grandeza muito diferentes. Um outro fato relevante é a constatação de que a percepção do ser humano, em relação ao som, não é linear e sim logarítmica (PIERCE, 1981).

Durante os primeiros anos da década de 1920, quando as medições de pressão sonora se tornaram práticas, era comum a utilização da escala logarítmica, na base 10, para comprimir a escala linear em Pascal (PIERCE, 1981).

Posteriormente, foi convencionado expressar a pressão sonora na escala logarítmica, nessa base, a qual foi denominada bel, em homenagem a Alexander Graham Bell. Entretanto, por tratar-se uma unidade muito grande para ser usada com praticidade, costuma-se usar a décima parte do bel, denominada decibel (dB) (HASSAL, 1979).

O Nível de Pressão Sonora – NPS, expresso em decibel é definido na Equação 1-1:

$$\text{NPS} = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \quad \text{Eq 1-1}$$

Onde

P = Pressão sonora medida.

P_0 = Pressão sonora de referência padronizada, 20 μPa .

Assim, os limites inferior e superior da audição humana, que expressos em termos de Pascal são 20 μPa e 100.000.000 μPa respectivamente, quando transformados em decibel são equivalentes a 0 dB e 140 dB.

2.2.3 Soma de Níveis de Pressão Sonora

A escala em decibéis não é linear, mas sim logarítmica. Logo, quando se deseja obter o nível de pressão sonora resultante de duas ou mais fontes sonoras simultaneamente, não é correto somar os níveis individuais de cada fonte linearmente. Por exemplo, se um aspirador de pó produz sozinho um nível de pressão sonora de 80 dB, dois aspiradores idênticos e funcionando juntos não resultarão em um nível de 160 dB.

O procedimento correto é linearizar as parcelas em decibel, transformando cada valor em pressão. As pressões são somadas linearmente e seu resultado é transformado novamente em decibel.

A Equação 1-2 mostra a forma simplificada de fazer esta operação.

$$\sum NPSdB = 10 \log \left(\sum_A^N 10^{\frac{A}{10}} + 10^{\frac{B}{10}} + 10^{\frac{C}{10}} + \dots + 10^{\frac{N}{10}} \right) \quad \text{Eq 1-2}$$

Onde A, B, C ...N, são os níveis de pressão sonora, expressos em decibel.

O processo de soma de níveis de pressão sonora, em dB, é extremamente importante para o desenvolvimento e aplicação do Critério Proposto, conforme será mostrado no Capítulo 4.

2.2.4 Nível de Exposição Sonora - Sound Exposure Level – SEL

O Nível de Exposição Sonora – SEL – cuja unidade mais comum é o dB(A), representa a soma de todos os níveis de pressão sonora dentro do intervalo de interesse. Também pode ser definido como um nível de ruído com duração de um segundo que contenha a mesma energia sonora de um evento (PETERSON, 1963).

Matematicamente o SEL é definido na Equação 1-3:

$$SEL = 10 \log \int_{t1}^{t2} 10^{\frac{NPS}{10}} dt \quad \text{Eq 1-3}$$

Onde t_1 e t_2 correspondem ao tempo inicial e final de medição, respectivamente.

Como normalmente os níveis de ruído contínuos podem ser aproximados para intervalos discretos, a formulação integral do SEL pode ser simplificada, conforme mostrado na Equação 1-4.

$$SEL = 10 \log \left(\sum_{t1}^{t2} 10^{\frac{NPS}{10}} \right) \quad \text{Eq 1-4}$$

O SEL é importante para o desenvolvimento do Critério Proposto, uma vez que os coeficientes das aeronaves, conforme será demonstrado no Capítulo 4, em SEL.

2.2.5 Nível Equivalente de Ruído –Leq

O Nível Equivalente de Ruído representa o valor médio do ruído em um intervalo de tempo determinado (HASSAL, 1979).

Matematicamente o Leq é definido na Equação 1-5.

$$Leq = 10 \log \left(\frac{1}{\Delta t} \int_{t1}^{t2} 10^{\frac{NPS}{10}} dt \right) \quad Eq \ 1-5$$

Onde t é o intervalo de tempo de interesse.

Assim como o SEL, a forma integral do Leq também pode ser simplificada, conforme mostrado na Equação 1-6.

$$Leq = 10 \log \left(10 \sum_{t1}^{t2} \frac{NPS}{10} \right) + 10 \log (-t) \quad Eq \ 1-6$$

Quando os níveis de ruído são processados pelo filtro de ponderação “A”, que será mostrado a seguir, o Leq torna-se LAeq.

O Leq se relaciona com o SEL pela Equação 1-7.

$$Leq = SEL - 10 \log (-t) \quad Eq \ 1-7$$

2.2.6 Freqüência

Por definição, freqüência é o número de repetições de um determinado fenômeno por unidade de tempo. No Sistema Internacional (SI) a unidade de freqüência é o Hertz (Hz), que representa o número de ciclos por segundo (HARIS, 1979).

A faixa de audição humana se situa entre 20 Hz e 20 kHz, embora para a média das pessoas adultas o limite superior de freqüência caia de 20 kHz para um valor próximo de 10 KHz (KRYTER, 1970).

Em geral, os sons encontrados na natureza não são compostos por uma única freqüência, mas sim por uma composição destas, a qual é denominada de espectro de freqüência sonora (BERANECK, 1971).

O sistema auditivo humano não responde de forma igual para todas as freqüências dentro da faixa audível. A região máxima sensibilidade do ouvido humano situa-se próximo de 3 kHz. A medida que a freqüência se aproxima dos extremos da faixa audível a percepção sonora cai (KINSLER, 1950).

2.2.7 Audibilidade (loundness)

Apesar do nível de pressão sonora e do espectro sonoro fornecerem todas as propriedades físicas do som ou do ruído analisado, eles não levam em consideração, nos seus processos de cálculo, a capacidade de percepção dos ouvidos de cada observador. Isto porque este parâmetro é inteiramente subjetivo, isto é, varia de indivíduo para indivíduo. Sabe-se apenas, com certeza, de que essa percepção depende, sobretudo, do nível de pressão sonora, do conteúdo espectral do som estudado e, em alguns casos, da idade do ouvinte. A esta percepção auditiva dá-se o nome de audibilidade (CECIA, 1981).

Na tentativa de desenvolver parâmetros numéricos capazes de expressar, ao menos parcialmente, este fenômeno, Fletcher e Munson desenvolveram, na década de 30, um trabalho que hoje denominamos curvas de igual audibilidade, e que têm encontrado aceitação considerável. O resultado deste trabalho é mostrado na Figura 1-1.

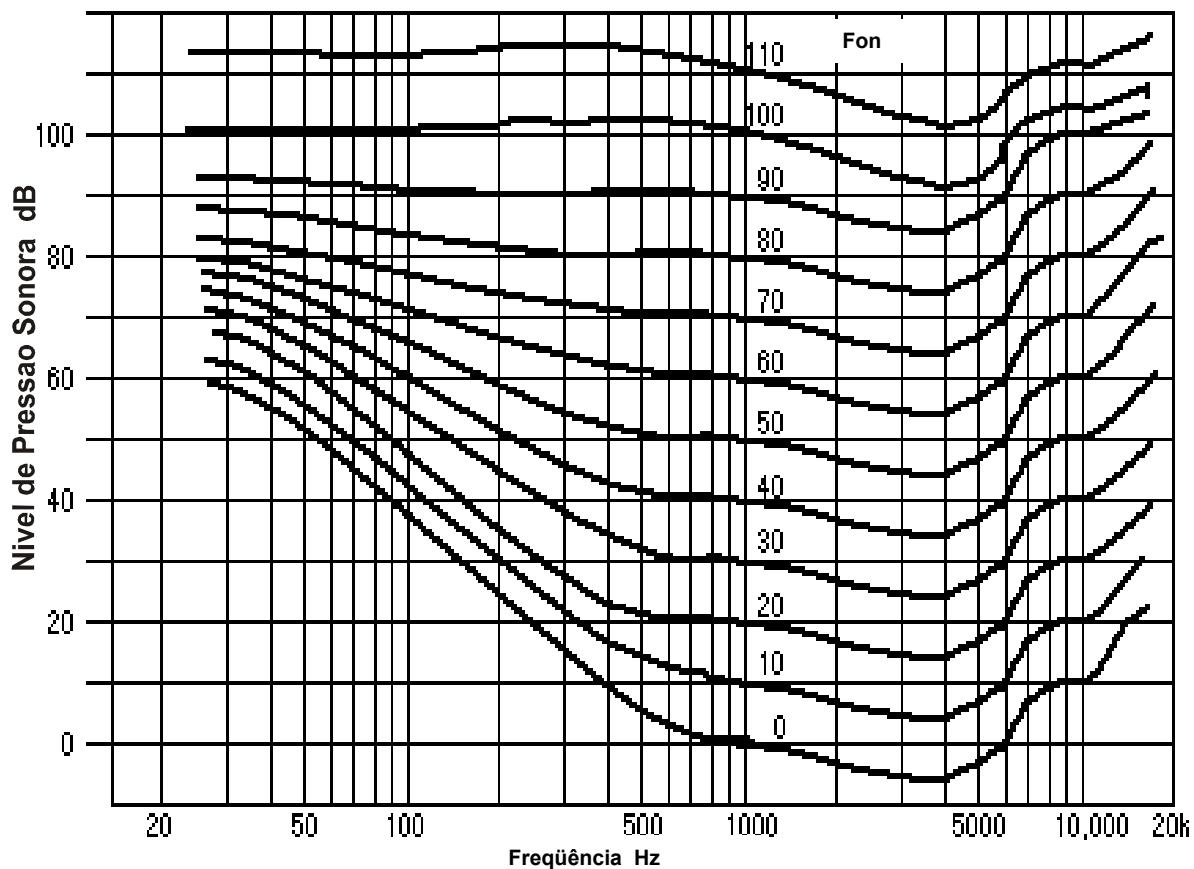


Figura 2.1 – Curvas de Audibilidade

As curvas foram construídas da seguinte forma:

- 1) Uma pessoa de audição considerada perfeita, ouve um tom puro (som de uma única freqüência) de 1000 Hertz com um nível de 10 dB. Este é o nível de referência para a primeira curva.
- 2) Esta mesma pessoa ajusta os níveis de tons puros de outras freqüências apresentadas, uma de cada vez, até que estes níveis lhe pareçam tão intensos quanto o nível de referência. Desta forma, obtém-se empiricamente os níveis correspondentes, para cada freqüência, ao nível de 10 dB em 1000 Hertz.

Quando se faz um gráfico destes níveis em função da freqüência nas quais eles foram determinados, obtém-se a curva de 10 fons, que é a unidade de medida de audibilidade. É importante reforçar que estas curvas foram levantadas empiricamente, ou seja, foram baseadas unicamente em dados experimentais, sendo que cada curva é o resultado médio de, pelo menos, centenas de experimentos. Este processo foi repetido para tons de 1000 Hz a 20, 30, 40, 50 dB, etc., para determinação das curvas de 20, 30, 40, 50 fons, etc (CECIA, 1981).

Analizando as curvas, podemos perceber que o ouvido humano é, via de regra, muito mais sensível para sons cujas freqüências estão entre 1000 e 6000 Hertz. Para freqüências acima ou abaixo destes valores, o ouvido perde sensibilidade, necessitando de níveis cada vez maiores para percepção, a medida que nos aproximamos dos extremos da faixa audível (20 Hz ou 20 kHz). Percebemos também que a percepção máxima ocorre para sons em torno de 3500 Hertz. (CECIA, 1981).

2.2.8 Filtros de Ponderação

Os filtros de ponderação são dispositivos utilizados para corrigir ou modificar a resposta em freqüência de um medidor ou analisador sonoro, com a finalidade de fazer uma aproximação à resposta do ouvido humano. Quatro filtros são normalmente incorporados aos equipamentos de medição de som e ruído, sendo estes normalmente designados pelas letras A, B, C e D (HASSAL, 1979).

As curvas de resposta em freqüência destes filtros são mostradas na Figura 1-2.

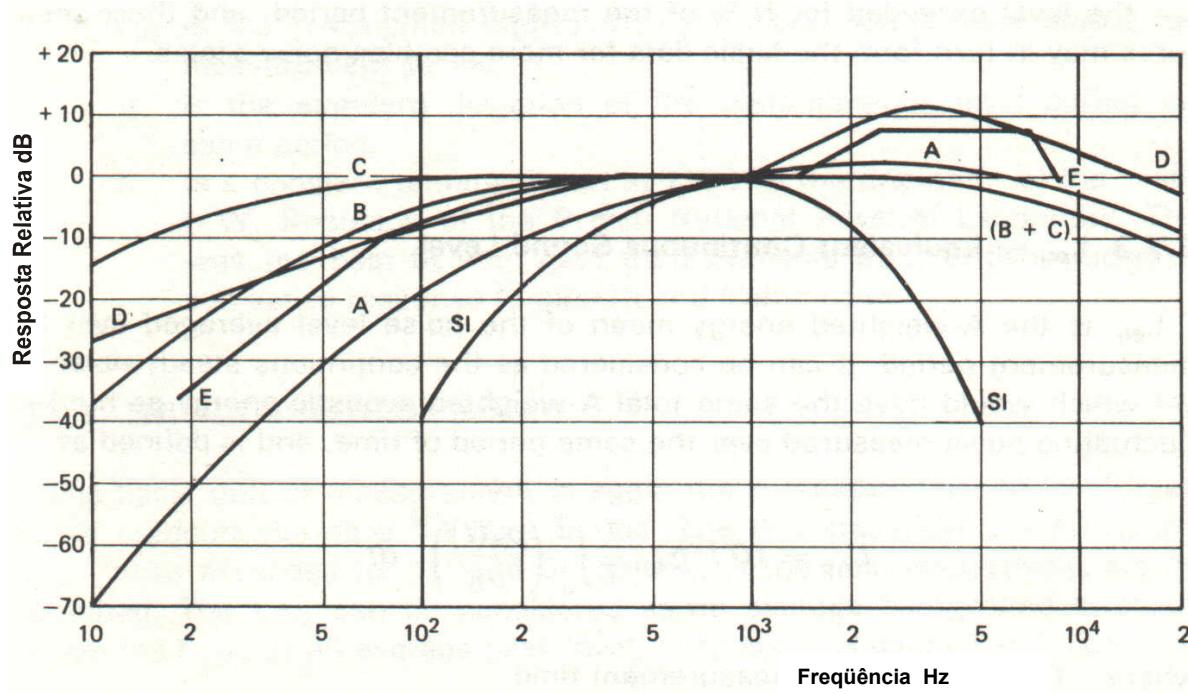


Figura 2.2 – Curvas dos Filtros A, B, C, D, E e SI.

As curvas E e SI, embora padronizadas tem pouca utilização.

Fonte – HASSAL (1979).

As curvas de ponderação (correção) A, B e C correspondem aproximadamente às curvas do mesmo nível de audibilidade de 40, 70 e 100 fons invertidas (HASSAL, 1979).

O filtro de ponderação D, desenvolvido mais recentemente, é voltado especificamente para a aviação, uma vez que os pesos referentes às freqüências mais usuais do ruído aeronáutico foram aumentados (HASSAL, 1979).

Os níveis de pressão sonora submetidos a este tipo de correção são expressos como dB(A), dB(B), dB(C) e dB(D). O filtro de ponderação “A” é o mais comumente utilizado e quase todos os métodos de graduação de ruído são baseados em medições submetidas a ele. (HARRIS, 1979).

2.3 CAMPO ACÚSTICO

Denomina-se campo acústico uma região do meio elástico que contém ondas sonoras. Dependendo de sua natureza, o campo acústico pode ser classificado como próximo, distante, livre ou difuso.

O estudo do ruído aeronáutico está normalmente relacionado com dois tipos de campo, a saber:

Campo distante – Distribuição de energia acústica a uma distância suficientemente grande, de forma a se poder considerar desprezível a dimensão da fonte.

Campo livre - Meio onde não há superfícies refletivas dentro da faixa de freqüências de interesse.

Quando o campo livre também apresentar características de campo distante, o nível de pressão sonora da fonte decrescerá 6 dB para cada dobro de distância considerada (lei dos inversos quadráticos).

Esta propriedade da associação dos campos livre e distante será explorada no desenvolvimento do Critério Proposto, que será apresentado no Capítulo 4.

2.4 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE INCÔMODO

Devido às particularidades que envolvem a atividade aeronáutica e por consequência os níveis de ruído por ela produzidos, foram desenvolvidos, nos últimos 50 anos, métodos específicos de avaliação do impacto sonoro gerado pela operação de aeronaves, os quais levam em consideração a composição da frota, o horário de operação, as rotas de pouso e decolagem, além de outros fatores específicos de cada país.

Desta forma, surgiram diversos métodos de avaliação de incômodo, tais como o Day-Night Sound Level (LDN) dos Estados Unidos, Isopsophic Index (N) da França, Noise and Number Index (NNI) da Inglaterra, Total Noise Rating (B) da Holanda, o Weighted Effective Continuos Perceived Noise Level (WECPNL) desenvolvido pela Organização de Aviação Civil Internacional - OACI, entre outros (CECIA, 1981).

2.4.1 Método Brasileiro – Índice Ponderado de Ruído – IPR

Desde 1980, o Brasil adota o método denominado Índice Ponderado de Ruído (IPR) para o cálculo do incômodo produzido por aeronaves. Em 1994, após estudos realizados pelo Instituto de Aviação Civil, a formulação do método foi modernizada com o objetivo de permitir medições diretas em campo, o que não era possível anteriormente. O IPR encontra-se descrito na nova versão do Manual de Planejamento de Aeroportos (DOC9184) – Parte 2 da OACI.

O Índice Ponderado de Ruído é definido como sendo o nível médio de ruído, ponderado na escala “A”, para um período de 24 horas, aplicando-se um acréscimo de 10 dB(A) nos níveis de ruído que ocorrem no período entre 22:00 e 7:00 h, com o objetivo de considerar a maior sensibilidade da população neste horário.

$$IPR = 10 \log \left(\sum_{dia} 10^{\frac{NPS}{10}} + \sum_{noite} 10^{\frac{NPS+10}{10}} \right) + 10 \log (86400) \quad Eq\ 1-8$$

As Curvas de Nível de Ruído, que no Brasil utilizam o IPR como índice de avaliação, são ferramentas utilizadas mundialmente para o mapeamento das áreas afetadas pelo ruído aeronáutico nas áreas de entorno de aeródromos. Estas curvas são geradas a partir de programas de computador que calculam o nível de ruído produzido pelo conjunto de aeronaves que operam diariamente em um determinado aeroporto.

O Quadro 1-1, mostra a reação esperada das comunidades que residem em áreas próximas de aeródromos, em função do IPR.

Tabela 2.1 - Reação Comunidades Esperada em Função do IPR.

Valor do Índice Ponderado de Ruído IPR	Reação da comunidade em função do IPR
Menor que 65 IPR	Ambiente pouco ruidoso Nenhuma reclamação é esperada
Entre 65 e 75 IPR	Ambiente medianamente ruidoso Espera-se um grande volume de reclamações por parte das comunidades
Maior que 75 IPR	Ambiente extremamente ruidoso São esperadas reclamações generalizadas por parte das comunidades, inclusive com possíveis ações judiciais em prol da redução de ruído.

2.5 MODELO INTEGRADO DE RUÍDO - INTEGRATED NOISE MODEL - INM.

2.5.1 Apresentação do INM 5.2a

O INM é um programa computacional desenvolvido pela *Federal Aviation Administration* (FAA), que tem como objetivo calcular o nível de ruído produzido por operações aeronáuticas nas áreas de entorno de aeródromos. Atualmente, este programa é utilizado por mais de 700 organizações em 35 países, incluindo o Brasil.

A rotina de cálculo deste programa é definida pela Norma SAE/AIR 1845 – Procedimento de Calculo de Ruído em um Ponto na Vizinhança de Aeroportos. Esta rotina é recomendada pelo OACI, por intermédio de sua Circular 205 - *Recomended Method for Computing Noise Contours Around Airports*.

A versão do INM utilizada no desenvolvimento do Critério Proposto é a 5.2a, de 1998, a qual possui um banco de dados contendo informações detalhadas sobre os níveis de ruído produzidos por mais de cem aeronaves.

2.5.2 Da aplicação do INM5.2a.

Para se utilizar o INM5.2a na previsão dos níveis de ruído nas áreas de entorno de aeródromos são necessários os seguintes dados:

- Temperatura de referência do aeródromo;
- Altitude do aeródromo;
- Comprimento(s) de Pista(s); incluindo as coordenadas cartesianas ou geográficas das cabeceiras.
- Trajetórias de pouso e decolagem;
- Modelos de Aeronaves;
- Número de movimentos diurnos e noturnos de aeronaves dentro de cada uma das trajetórias;
- Definir a área de entorno do aeródromo que o programa fará o cálculo de níveis de ruído.
- Unidade de incômodo a ser calculada;
- Valores dos níveis de ruído desejados.

Após incluir todas estas informações, o INM5.2a calcula os níveis de ruído para cada ponto da área estipula pelo usuário, na unidade de incômodo desejada. Ao terminar este procedimento, o programa une os pontos com os valores de níveis de ruído especificados. Da união destes pontos surgem as Curvas Nível de Ruído, que são utilizadas como um dos elementos dos Planos de Zoneamento de Ruído.

3 LEGISLAÇÕES E NORMAS APLICADAS AO RUÍDO AERONÁUTICO

3.1 APRESENTAÇÃO

Este Capítulo tem por finalidade apresentar os instrumentos legais relacionadas direta ou indiretamente ao ruído aeronáutico. Para tanto, será apresentado um panorama global, que inicia com os aspectos mais generalistas abordados na Constituição Federal do Brasil, passando pela legislação aeronáutica que trata de Planos de Zoneamento de Ruído, para finalizar com a Legislação Ambiental Brasileira relacionada com a poluição sonora.

3.2 ASPECTOS CONSTITUCIONAIS

O Art. 225 da Constituição Federal Brasileira (CFB), promulgada em 1988, define a natureza jurídica do meio ambiente, estabelecendo que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público (nas esferas federal, estadual e municipal) e à coletividade o dever de preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

O Art. 22 da CFB estabelece que é da competência privativa da União legislar sobre o direito civil, comercial, penal, marítimo, aeronáutico, espacial e do trabalho.

Segundo o Art. 23, é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, dentre outras obrigatoriedades, proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas, assim como preservar as florestas, a fauna e a flora.

O Art. 24 estabelece que a União, os Estados e o Distrito Federal possuem competência comum para legislar concorrentemente sobre diversas questões, dentre as quais cabe destacar o inciso VI -. Florestas, caça, pesca, fauna, conservação da natureza, defesa do solo e dos recursos naturais, proteção do meio ambiente e controle da poluição.

A CFB, segundo o seu Art. 30, I e II, estabelece que os municípios têm competência para legislar sobre “assuntos de interesse local”, suplementando a legislação federal e estadual no que couber.

3.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

A seguir serão apresentados os instrumentos legais que estabelecem a Política Nacional de Meio Ambiente – PNMA e as diretrizes sobre emissão de ruídos no Brasil.

3.3.1 Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981

Esta lei estabelece a PNMA, com suas diretrizes e objetivos; constitui o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA); prevê que as atividades consideradas efetiva e potencialmente poluidoras dependerão de prévio licenciamento do órgão estadual competente, integrante do SISNAMA (SOUZA, 2001).

Define também os Instrumentos da PNMA, com a finalidade de alcançar a consecução dos objetivos previstos para a política. Como instrumentos mais utilizados, têm-se: o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental; o zoneamento ambiental; a avaliação dos impactos ambientais (mapeamento da qualidade ambiental existente); o licenciamento ambiental e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras (instrumento de gestão ambiental pública); o estabelecimento de penalidades disciplinares ou compensatórias ao não cumprimento das medidas necessárias à preservação ou correção da degradação ambiental (princípio do poluidor/pagador) (SOUZA, 2001).

Da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 são extraídas e mostradas a seguir, algumas definições importantes no contexto deste trabalho.

Política nacional de meio ambiente – é aquela que tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana;

Meio ambiente – é o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas;

Poluição – é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que, direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota e as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos;

Poluidor – é a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental;

Recursos ambientais – a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora;

Degradação da qualidade ambiental – é a alteração advera das características do meio ambiente.

3.3.2 Resolução CONAMA Nº 001, de 8 março de 1990

A emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, obedecem, no interesse da saúde pública, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidas na Resolução CONAMA 001/90.

Para fins de aplicação desta Resolução, são considerados prejudiciais à saúde e ao sossego público, os ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela NBR 10151 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

Por sua vez a norma NBR 10151 estabelece os Níveis de Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(A), conforme mostrado no Tabela 3-1.

Tabela 3-1 - Nível de Critério de Avaliação 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

Ressalta-se o fato de que esta Resolução faz apenas duas exceções. As emissões de ruídos produzidas por veículos automotores e as produzidas no interior dos ambientes de trabalho, obedecerão às normas expedidas, respectivamente, pelo Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN, e pelo órgão competente do Ministério do Trabalho.

Sendo assim, torna-se evidente que a emissão de ruído decorrente da atividade aeroportuária deve obedecer aos requisitos estabelecidos na Resolução em tela.

Alem disso, esta Resolução também define que todas as normas reguladoras da poluição sonora, emitidas a partir da data de sua publicação, deverão ser compatibilizadas com os seus requisitos.

3.4 LEGISLAÇÕES AERONÁUTICAS

As questões relacionadas ao ruído aeronáutico, mais especificamente no que tange aos Planos de Zoneamento de Ruído encontram respaldo legal no Código Brasileiro de Aeronáutica, Lei nº 7.565, de dezembro de 1986, e na Portaria Nº 1.141/GM5, de 8 de dezembro de 1987, as quais serão abordadas a seguir.

3.4.1 Código Brasileiro de Aeronáutica, Lei nº 7.565, de dezembro de 1986

O Código Brasileiro de Aeronáutica - CBA, na Seção V, Art.43 estabelece que as propriedades vizinhas dos aeródromos e das instalações de auxílios à navegação aérea estão sujeitas a restrições especiais. Estas restrições são relativas ao uso das propriedades quanto as edificações, instalações, culturas agrícolas e objetos de natureza permanente ou temporária, e tudo mais que possa embaraçar as operações de aeronaves ou causar interferência nos sinais dos auxílios à

rádio-navegação ou dificultar a visibilidade de auxílios visuais.

Segundo o Art.44 do CBA, as restrições tratadas no Art.43 são especificadas pela autoridade aeronáutica, mediante a aprovação dos seguintes planos, válidos, respectivamente, para cada tipo de auxílio à navegação aérea:

- I – Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos;
- II – Plano Básico de Zoneamento de Ruído;
- III – Plano Básico de Zona de Proteção de Helipontos;
- IV – Planos de Zona de Proteção e Auxílios à Navegação Aérea.

No Art.44, § 1º, estabelece que de acordo com as conveniências e peculiaridades de proteção ao vôo, a cada aeródromo poderão ser aplicados Planos Específicos, observadas as prescrições, que couberem, dos Planos Básicos.

O Art.44, nos §4º e §5º, determina que as administrações públicas deverão compatibilizar o zoneamento do uso do solo, nas áreas vizinhas aos aeródromos, as restrições especiais, constantes dos Planos Básicos e Específicos e que estas restrições são aplicadas a quaisquer tipos de bens, quer sejam privados ou públicos.

3.4.2 Portaria Nº 1.141/GM5, de 8 de dezembro de 1987

Esta Portaria dispõe sobre Zonas de Proteção e aprova o Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos, o Plano Básico de Zoneamento de Ruído, o Plano Básico de Zona de Proteção de Helipontos e o Plano de Zona de Proteção de Auxílios à Navegação Aérea e dá outras providências.

A referida Portaria traz algumas definições importantes para o desenvolvimento do presente trabalho.

3.4.2.1 Das Definições Gerais

Aeródromo – Toda área destinada a pouso, decolagem e movimentação de aeronaves.

Aeródromo Civil – Aeródromo destinado, em princípio, ao uso de aeronaves civis.

Aeródromo Militar – Aeródromo destinado, em princípio, ao uso de aeronaves militares.

Aeródromo Privado – Aeródromo civil que só poderá ser utilizado com permissão de seu proprietário, sendo vedada sua exploração comercial.

Aeródromo Público – Aeródromo civil destinado ao tráfego de aeronaves em geral.

Aeroporto - Todo aeródromo público dotado de instalações e facilidades para apoio de operações de aeronaves, embarque e desembarque de pessoas e cargas.

Altitude da Pista – Altitude medida, em cada ponto, sobre o eixo da pista de pouso do aeródromo.

Cabeceira da Pista – Limite da pista utilizável para pouso e decolagem, no seu sentido longitudinal.

Equipamentos Urbanos – Obras e serviços públicos ou privados que permitem o pleno desenvolvimento das atividades urbanas de uma comunidade.

Desnível da Pista de Pouso do Aeródromo – Diferença entre a elevação do aeródromo e a altitude da pista num determinado ponto.

Heliponto – Aeródromo destinado exclusivamente a helicópteros.

Heliponto – Heliponto público dotado de instalações e facilidades para apoio de operações de helicópteros, embarque e desembarque de pessoas e cargas.

3.4.2.2 Das definições Relativas ao Ruído Aeronáutico

Ruído de Aeronaves – Efeito sonoro emitido por aeronaves decorrente das operações de circulação, aproximação, pouso, decolagem, subida, rolamento e teste de motores.

Índice Ponderado de Ruído – Unidade de avaliação de incômodo sonoro calculada a partir dos dados operacionais do aeródromo e das aeronaves que o utilizam.

Nível de Incômodo Sonoro – Medida cumulativa do incômodo causado pelo ruído de aeronaves em IPR (Índice Ponderado de Ruído).

Curva de Nível de Ruído 1 – Linha traçada a partir dos pontos nos quais o nível de incômodo sonoro é igual a um valor predeterminado e especificado pelo Departamento de Aviação Civil – DAC, em função da utilização prevista para o aeródromo. O nível de incômodo sonoro representado por esta curva é maior do que o representado pela Curva de nível de Ruído 2.

Curva de Nível de Ruído 2 – Linha traçada a partir dos pontos nos quais o nível de incômodo sonoro é igual a um valor predeterminado e especificado pelo Departamento de aviação Civil – DAC, em função da utilização prevista para o aeródromo. O nível de incômodo sonoro representado por esta curva é menor do que o representado pela Curva de Nível de Ruído 1.

Período Noturno – Período compreendido entre 22:00 e 07:00h.

Área I – Área do Plano de Zoneamento de Ruído, interior à curva de nível de ruído 1, onde o nível de incômodo sonoro é potencialmente nocivo aos circundantes, podendo ocasionar problemas fisiológicos por causa das exposições prolongadas.

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.

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.

Uso de Solo – Tipos de atividades urbanas ou rurais localizadas nas áreas abrangidas pelos Planos referentes às Zonas de Proteção.

Zona de Proteção – Conjunto de áreas nas quais o aproveitamento e o uso do solo sofrem restrições definidas pelos seguintes Planos: Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos, Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromos, Planos de Zona de Proteção de Auxílio à Navegação Aérea, Plano Básico de Zona de Proteção de Heliportos, Plano Básico de Zoneamento de Ruído e Plano Específico de Zoneamento de Ruído.

Plano Básico de Zoneamento de Ruído – Plano de Zoneamento de Ruído de aplicação genérica em aeródromos.

Plano Específico de Zoneamento de Ruído - Plano Básico de Zoneamento de Ruído – Plano de Zoneamento de Ruído de aplicação específica a um determinado aeródromo.

Plano de Zoneamento de Ruído – Documento normativo do Ministério da Aeronáutica que estabelece as restrições ao uso do solo nas Áreas I, II e III, definidas pelas Curvas de Nível de Ruído 1 e 2.

Zoneamento de Ruído – Delimitação de áreas para indicação das atividades compatíveis com os níveis de incômodo sonoro.

Área de Implantação Proibida – Área em que são proibidas implantações de qualquer natureza, sejam elas fixas ou móveis, temporárias ou permanentes.

Área de Implantação Restrita – Área cujo aproveitamento está sujeito a limites estabelecidos.

3.4.2.3 Plano Básico de Zoneamento de Ruído da Portaria Nº 1141/GM5

O primeiro passo para se determinar os comprimentos e raios das Curvas de Nível de Ruído de um Plano Básico de Zoneamento de Ruído é enquadrar a operação do aeródromo em um dos tipos de aviação definidos na Portaria Nº 1141/GM5, conforme listado abaixo:

Aviação de Pequeno Porte – Tipos de aviação onde operam não regularmente aeronaves equipadas com motores turboélice ou pistão, com peso máximo de decolagem inferior a 9.000 kg.

Aviação Regular – Aviação caracterizada por operações de caráter periódico das aeronaves pertencentes aos transportadores aéreos, com o objetivo de explorar as linhas que foram estabelecidas e aprovadas pelo Departamento de Aviação Civil – DAC.

Aviação Regular de Grande Porte – Tipo de aviação onde operam regularmente aeronaves equipadas com motores “turbofan”, turbo jato, jato puro ou turboélice, este com peso máximo de decolagem igual ou superior a 40.000 kg.

Aviação Regular de Médio Porte – Tipo de aviação onde operam regularmente aeronaves equipadas com motores turboélice ou pistão, com peso máximo de decolagem inferior a 40.000 kg.

Após a definição do tipo de aviação, deve-se utilizar uma previsão do número de movimentos, em um horizonte de 20 anos para determinar a categoria da pista, como segue:

Categoria I – Pista de Aviação Regular de Grande Porte de Alta Densidade – Pista na qual haja ou esteja prevista, num período de até 20 (vinte) anos, a operação de aeronaves da aviação regular de grande porte, cuja soma de pouso e decolagens, existente ou prevista, seja igual ou superior a 6.000 (seis mil) movimentos anuais ou que o número de operações, no período noturno destes tipos de aviação, seja superior a 2 (dois) movimentos.

Categoria II – Pista de Aviação Regular de Grande Porte de Média Densidade – Pista na qual haja ou esteja prevista, num período de até 20 (vinte) anos, a operação de aeronaves da aviação regular de grande porte, cuja soma de pouso e decolagens, existente ou prevista, seja inferior a 6.000 (seis mil) movimentos anuais e que o número de operações, no período noturno destes tipos de aviação, não seja superior a 2 (dois) movimentos ou cuja soma de pouso e decolagens, existente ou prevista, seja inferior a 3.600 (três mil e seiscentos) movimentos anuais e que exista operação noturna, porém com o número de operações deste tipo de aviação igual ou inferior a 2 (dois) movimentos.

Categoria III – Pista de Aviação Regular de Grande Porte de Baixa Densidade – Pista na qual haja ou esteja prevista, num período de até 20 (vinte) anos, a operação de aeronaves da aviação regular de grande porte, cuja soma de pouso e decolagens, existente ou prevista, seja inferior a 3.600 (três mil e seiscentos) movimentos anuais, sem operação noturna destes tipos de aviação.

Categoria IV – Pista de Aviação Regular de Médio Porte de Alta Densidade – Pista na qual haja ou esteja prevista, num período de até 20 (vinte) anos, a operação de aeronaves da aviação regular de médio porte, cuja soma de pouso e decolagens, existente ou prevista, seja igual ou superior a 2.000 (dois mil) movimentos anuais ou em que o número de operações, no período noturno deste tipo de aviação, seja superior a 4 (quatro) movimentos.

Categoria V – Pista de Aviação Regular de Médio Porte de Baixa Densidade – Pista na qual haja ou esteja prevista, num período de até 20 (vinte) anos, a operação de aeronaves da aviação regular de médio porte, cuja soma de pouso e decolagens, existente ou prevista, seja inferior a

2.000 (dois mil) movimentos anuais ou em que o número de operações, no período noturno deste tipo de aviação, seja igual ou inferior a 4 (quatro) movimentos.

Categoria VI – Pista de Aviação de Pequeno Porte - Pista na qual haja ou esteja prevista, num período de até 20 (vinte) anos, somente a operação da aviação não regular de pequeno porte.

Uma vez determinada a categoria em que um determinado aeródromo se enquadra, pode-se determinar os comprimentos e os raios das Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento da Portaria Nº 1.141/GM5, esquematizados na Figura 3-1, por meio dos valores mostrados na Tabela 3-2.

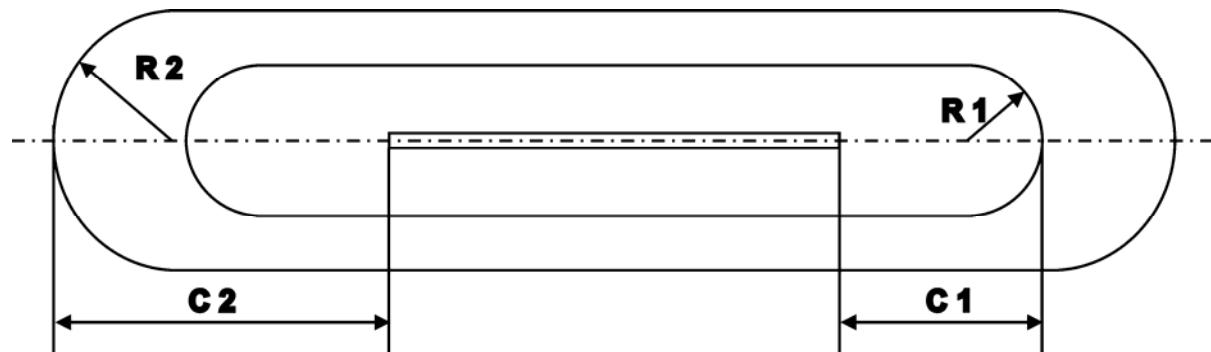


Figura 3.1 – Esquema da Curva do Plano Básico de Zoneamento de Ruído da Portaria Nº 1.141/GM5

Tabela 3.2 – Dimensionamento das Curvas de Ruído na Portaria Nº 1.141/GM5

Categorias da Portaria Nº 1.141/GM5	C1 (m)	R1 (m)	C2 (m)	R2 (m)
Categoria II	1500	240	2500	600
Categorias III e IV	500	180	1200	400
Categorias V e VI	300	100	500	200

3.4.2.4 Restrições Impostas Para as Áreas Dentro dos Planos de Zoneamento de Ruído da Portaria Nº 1141/GM5.

Os Artigos 68 a 73 tratam das restrições impostas ao uso do solo dentro das Áreas 1 e 2 do Plano de Zoneamento de Ruído.

Art.68- As restrições ao uso do solo estabelecidas pelo Plano Básico de Zoneamento de Ruído obedecerão aos parâmetros estabelecidos nos Artigos 69 e 70 desta Portaria.

Art.69- Na Área I são permitidos a implantação, o uso e o desenvolvimento das seguintes atividades:

I- Produção e extração de recursos naturais:

- 1- agricultura;
- 2- piscicultura;
- 3- silvicultura;
- 4- mineração; e
- 5- atividades equivalentes.

II- Serviços Públicos ou de Utilidade Pública:

- 1- estação de tratamento de água e esgoto;
- 2- reservatório de água;
- 3- cemitério; e
- 4- equipamentos urbanos equivalentes.

III- Comercial:

- 1- depósito e armazenagem;
- 2- estacionamento e garagem para veículos;
- 3- feiras livres; e
- 4- equipamentos urbanos equivalentes.

IV- Recreação e lazer ao ar livre:

- 1- praças, parques, áreas verdes;
- 2- campos de esporte; e
- 3- equipamentos urbanos e equivalentes.

V- Transporte:

- 1- rodovias;
- 2- ferrovias;
- 3- terminais de carga e passageiros;
- 4- auxílio à navegação aérea; e

5- equipamentos urbanos equivalentes.

VI - Industrial:

Parágrafo 1º- Na Área I, as atividades, edificações e os equipamentos já existentes e não relacionados neste Artigo não poderão ser ampliados a partir da vigência desta Portaria.

Parágrafo 2º - A implantação, o uso e o desenvolvimento de atividades tratadas nos itens II – números 1 e 3, III – números 1 e 2 e V – número 3 só poderão ser permitidos quando atendidas as normas legais vigentes para tratamento acústico nos locais de permanência de público e funcionários, mediante aprovação prévia do Departamento de Aviação Civil – DAC.

Parágrafo 3º- A implantação, o uso e o desenvolvimento de atividades tratadas nos itens I – número 5, II – número 4, III – número 4, IV – número 3, V – números 1, 2 e 5 e VI só serão permitidos mediante aprovação prévia do Departamento de Aviação Civil – DAC.

Art.70- Não são permitidos a implantação, o uso e o desenvolvimento na Área II das seguintes atividades:

I- Residencial;

II- Saúde:

- 1- hospital e ambulatório;
- 2 - consultório médico;
- 3- asilo; e
- 4- equipamentos urbanos equivalentes.

III- Educacional:

- 1- escola;
- 2- creche; e
- 3- equipamentos urbanos equivalentes.

IV- Serviços Públicos ou de Utilização Pública:

- 1- hotel e motel;

- 2- edificações para atividades religiosas;
- 3- centros comunitários e profissionalizantes; e
- 4- equipamentos urbanos equivalentes.

V- Cultural:

- 1- biblioteca;
- 2- auditório, cinema, teatro; e
- 3- equipamentos urbanos equivalentes.

Parágrafo Único- As atividades acima referidas poderão ser, eventualmente, autorizadas pelos órgãos municipais competentes, mediante aprovação do Departamento de Aviação Civil – DAC.

Art.71 - As eventuais restrições ao uso do solo em Área III, decorrentes dos níveis de incômodo sonoro, serão estabelecidas em Plano Específico de Zoneamento de Ruído.

Art.72 - As restrições a que se referem os Artigos 69 e 70 desta Portaria poderão ser alteradas na elaboração de um Plano Específico de Zoneamento de Ruído, em função de necessidades locais, mediante ato do Ministro da Aeronáutica.

Art.73 - Todo parcelamento do solo localizado em área do Plano de Zoneamento de Ruído observará as restrições estabelecidas nos Artigos 69 e 70 desta Portaria.

3.4.3 Legislação Sobre Aeronaves Ruidosas.

O Brasil, como signatário da Organização de Aviação Civil Internacional - OACI, utiliza a classificação do Anexo 16, volume I, como base de sua legislação de retirada progressiva das aeronaves mais ruidosas, mostrada a seguir:

Não Certificadas - São aeronaves fabricadas nas décadas de 50 e 60, normalmente equipadas com a primeira geração de motores a reação, sendo consideradas extremamente ruidosas.

Capítulo 2 - São aeronaves fabricadas até outubro de 1977, equipadas com motores de baixa taxa de by-pass (até 3:1), sendo consideradas medianamente ruidosas.

Capítulos 3 e 4 - São as aeronaves mais modernas, equipadas com motores de última geração (alta taxa de by-pass (4-8:1)), sendo consideradas como pouco ruidosas.

Cabe ressaltar que o Brasil possui uma legislação específica para tratar da matrícula e desativação de aeronaves consideradas ruidosas. Atualmente, encontra-se em vigor a Portaria N°13 GM5, de 5 de janeiro de 1994, que estabelece e modifica normas relativas à proteção ambiental e a níveis de ruído aeronáutico no que concerne à operação de aeronaves no território nacional. Os artigos 7 e 8 desta portaria foram modificados pela Portaria N° 717/GC5, de 4 de novembro 1999, que tratam especificamente da matrícula e desativação de aeronaves classificadas no Capítulo 2, do Anexo 16, volume 1, da OACI.

Segundo essas portarias, as aeronaves Não Certificadas estão proibidas de voar no Brasil desde 31 de dezembro de 2000. Para o caso das aeronaves do Capítulo 2, a partir de 31 de dezembro de 2004, as empresas aéreas que operam com este tipo de equipamentos deverão retirar progressivamente de operação no mínimo 20% (vinte por cento) destas aeronaves de suas frotas, por ano, ficando proibidas totalmente a partir de 31 de dezembro de 2010.

4 DESENVOLVIMENTO DO CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO DOS PLANOS BÁSICOS DE ZONEAMENTO DE RUÍDO

4.1 APRESENTAÇÃO

Este Capítulo tem por finalidade apresentar o Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído. Primeiramente se fará uma introdução geral sobre sua concepção, para em seguida demonstrar o desenvolvimento do Critério que busca garantir que as Curvas de Nível de Ruído sejam compatíveis com a Norma NBR 10151.

Por fim, será criado um aeródromo fictício para ilustrar o procedimento de utilização do Critério Proposto. Este mesmo procedimento será utilizado no estudo de caso apresentado no Capítulo 5.

4.2 INTRODUÇÃO AO CRITÉRIO PROPOSTO

Conforme exposto no Capítulo 3, o método atualmente utilizado nos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído, definido na Portaria N° 1141/GM5, é composto de dois elementos principais:

- O sistema de classificação de aeródromos em seis categorias
- Três conjuntos de Curvas de Nível de Ruído pré-estabelecidos, a saber:
 - Conjunto Grande – pista categoria aviação regular de grande porte média densidade;
 - Conjunto Médio – pista categoria aviação regular de grande porte baixa densidade e/ou aviação regular de médio porte de alta densidade;
 - Conjunto Pequeno – pista categoria aviação regular de médio porte de baixa densidade e/ou aviação de pequeno porte.

Para se enquadrar um determinado aeródromo em uma das seis Categorias prescritas na Portaria N° 1141/GM5, e por consequência estabelecer as suas Curvas de Nível de Ruído, é necessário verificar quatro fatores:

- Tipo de aeronave;
- Número de movimentos que deverão ocorrer em um horizonte de vinte anos;
- Operações noturnas;

- Regularidade dos vôos.

Cabe ressaltar que com o desenvolvimento do Transporte Aéreo Brasileiro ocorrido nos últimos anos, tanto pelo aumento da demanda como pela substituição de aeronaves à hélice por jatos modernos nas companhias aéreas, tornou difícil o enquadramento de muitos aeródromos dentro dos critérios estabelecidos pela Portaria N°1141/GM5.

Nos últimos anos, o Art. 90 dessa Portaria, que trata dos casos omissos ou dos que venham a suscitar dúvidas, vem sendo sistematicamente utilizado para contornar os problemas causados pelo sistema de classificação.

O Critério Proposto, apresentado neste trabalho, busca eliminar as dificuldades de enquadramento de aeródromos imposto pela legislação atual, pois altera radicalmente a filosofia de classificação baseada em perfis de aeródromos pré-estabelecidos, para um sistema fundamentado na quantidade de energia sonora que cada um dos três conjuntos de Curvas de Nível de Ruído da Portaria N°1141/GM5 pode conter para ser compatível com a NBR 10151 da ABNT.

Para selecionar qual dos três conjuntos de Curvas de Nível de Ruído é mais adequado com o volume de operação de um determinado aeródromo, procede-se a soma da energia sonora das aeronaves em função do horário de operação (diurno ou noturno) e, posteriormente, compara-se esta energia com os valores tabelados para cada um destes conjuntos.

Sendo assim, o Critério Proposto é composto basicamente por:

- Tabela de Coeficientes das Aeronaves (Anexo 1);
- Procedimento de Utilização;
- Tabela com o Critério de Seleção.

A seguir será apresentado o desenvolvimento do Critério Proposto, bem como exemplificado o seu procedimento de utilização por intermédio de um aeródromo fictício.

4.3 DESENVOLVIMENTO DO CRITÉRIO PROPOSTO

Para a construção do Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído foram estabelecidos quatro Passos, que se encontram apresentados na Figura 4-1.

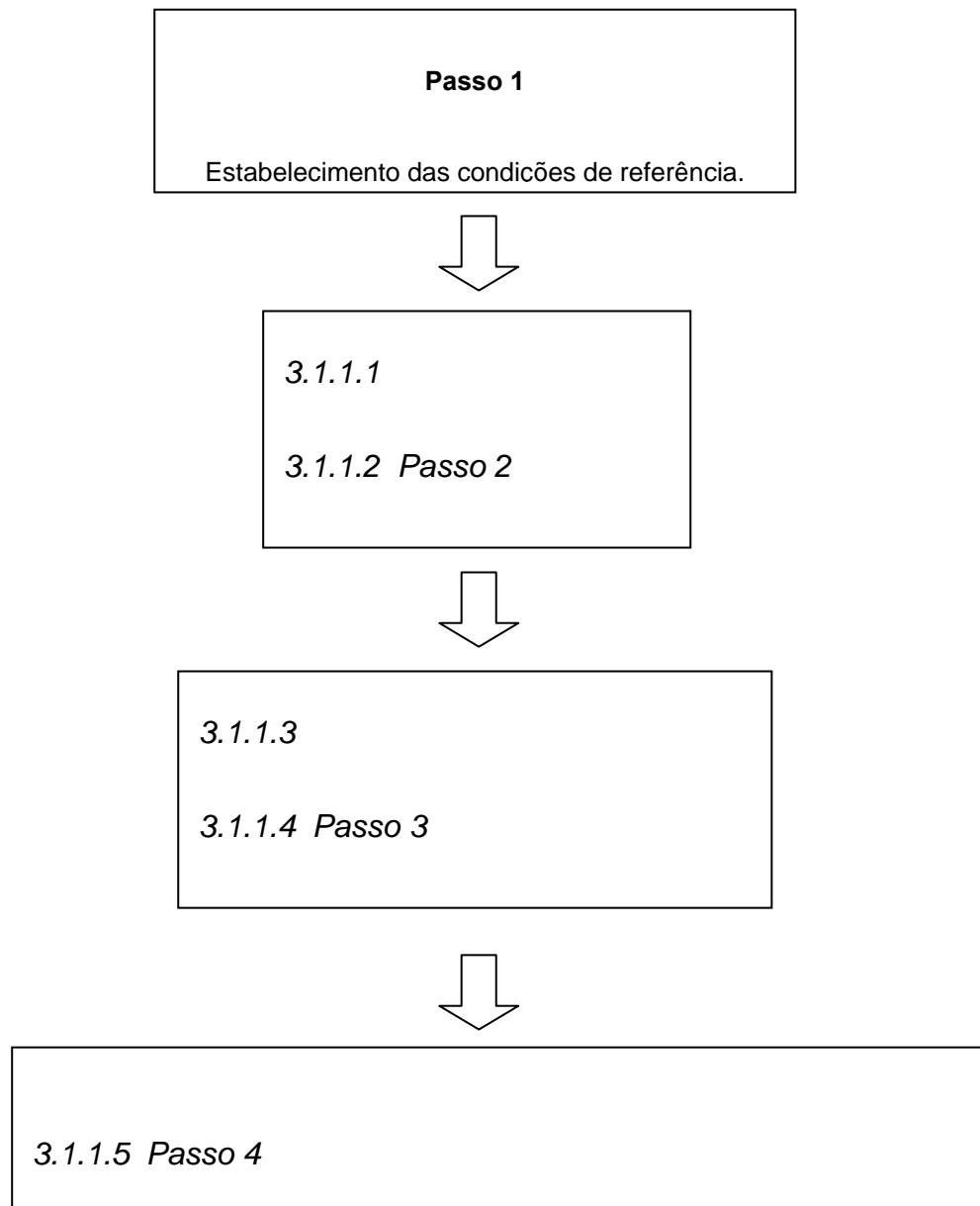


Figura 4.1 – Passos Para a Elaboração do Critério Proposto

Passo 1 – Estabelecer as condições de referência.

O primeiro passo para a construção do Critério Proposto é arbitrar as condições de referência.

Sendo assim, as condições de referência que servirão de base neste trabalho são:

Temperatura – 25° C;

Altitude – Nível do mar (0 m);

Pressão atmosférica – 101325 Pa (1013,25 mb ou 760 mm Hg);

Velocidade do vento – Nula (0 m/s);

Sem deslocamento de cabeceira para pouso e decolagem.

Passo 2 – Estabelecer a Energia Sonora Máxima

A Energia Sonora Máxima representa o somatório de todo ruído produzido durante um período de vinte e quatro horas, em um ponto situado no eixo da pista coincidente com a Curva de Nível de Ruído 2.

O critério para estabelecer a Energia Sonora Máxima utiliza os valores de nível de ruído para área predominantemente residencial preconizados na Norma NBR 10151, que são 55 dB(A) para o período diurno (07:00 h até 22:00 h) e 50 dB(A) para o noturno (22:00 h até 07:00 h).

Com base nestas informações é possível calcular a Energia Sonora dos Períodos Diurno (SEL_{DIA}) e Noturno (SEL_{NOITE}).

Energia Sonora no Período Diurno (SEL_{DIA})

$$SEL_{DIA} = 55 + 10 \log (t)$$

Onde t é a duração, em segundos, do período diurno.

$$SEL_{DIA} = 55 + 10 \log (54000)$$

$$SEL_{DIA} = 102,3 \text{ dB(A)}$$

Energia Sonora no Período Noturno (SEL_{NOITE})

$$SEL_{NOITE} = 50 + 10 \log (t)$$

Onde t é a duração, em segundos, do período noturno.

$$SEL_{NOITE} = 50 + 10 \log (32400)$$

$$SEL_{NOITE} = 95,1 \text{ dB(A).}$$

Energia Sonora Máxima

A Energia Sonora Máxima é a soma logarítmica do SEL_{DIA} e SEL_{NOITE} , conforme segue:

$$\text{Energia Sonora Máxima} = 10 \log (10^{\frac{SEL_{DIA}}{10}} + 10^{\frac{SEL_{NOITE}}{10}})$$

Tomando-se os valores dos SEL_{DIA} e SEL_{NOITE} calculados anteriormente temos:

$$\text{Energia Sonora Máxima} = 103 \text{ dB(A)}$$

Passo 3 – Estabelecer o Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído da Portaria Nº1141/GM5

Conforme mencionado no Passo 2, a Energia Sonora Máxima foi calculada a partir dos critérios estabelecidos na Norma NBR 10151 para área predominantemente residencial. Este valor deve ser aplicado nos pontos referentes à interseção entre o eixo da pista e a Curva de Nível de Ruído 2 dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído.

Sendo assim, cada um dos três conjuntos de Curvas de Nível de Ruído constantes na Portaria Nº 1141/GM5 apresentará este valor para distâncias diferentes da cabeceira, conforme será apresentado nas Figuras 4-2, 4-3 e 4-4.

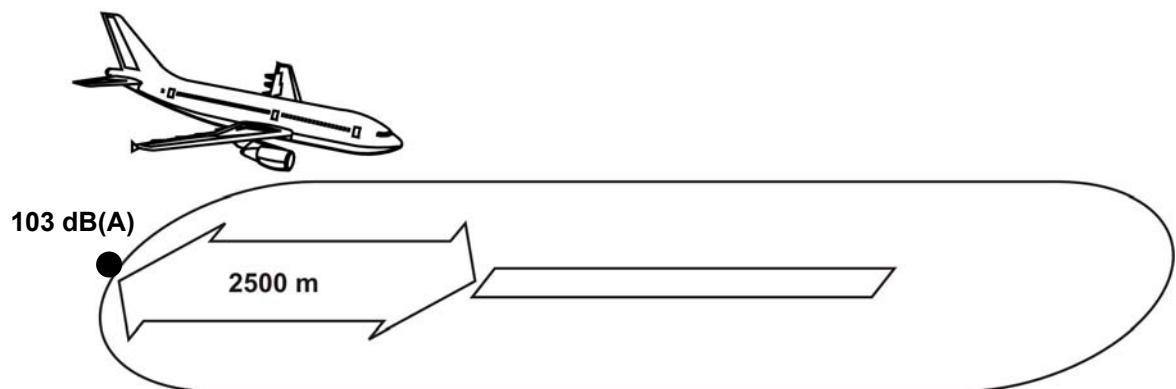


Figura 4.2 – Representação Esquemática da Posição do Ponto de Energia Máxima Sonora em Relação ao Conjunto Grande de Curvas de Nível de Ruído da Portaria N° 1141/GM5

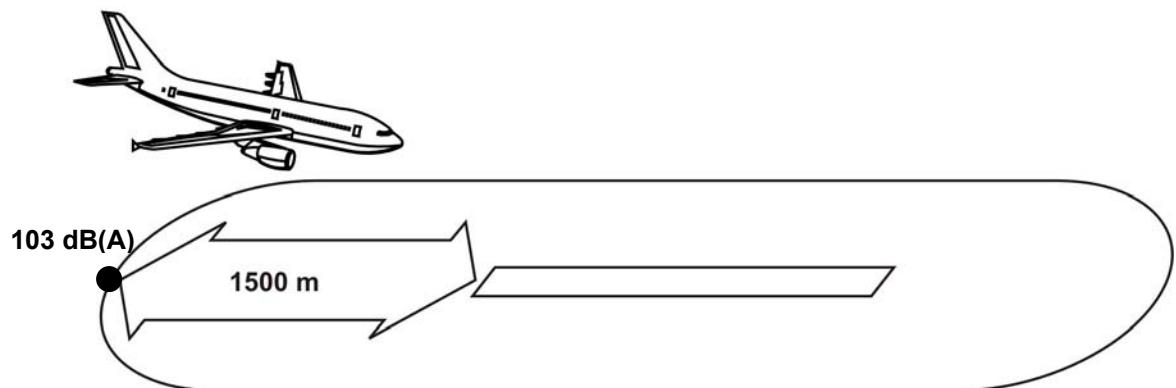


Figura 4.3 – Representação Esquemática da Posição do Ponto de Energia Máxima Sonora em Relação ao Conjunto Médio de Curvas de Nível de Ruído da Portaria N° 1141/GM5.

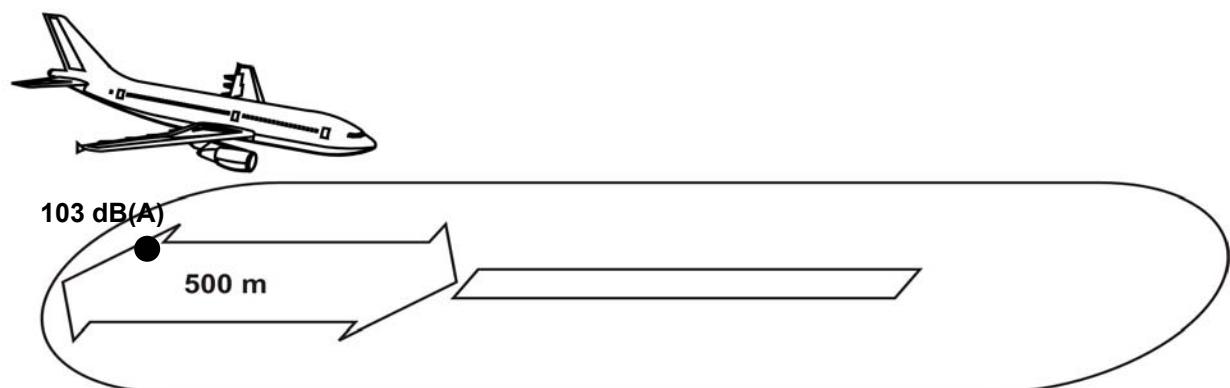


Figura 4.4 – Representação Esquemática da Posição do Ponto de Energia Máxima Sonora em Relação ao Conjunto Pequeno de Curvas de Nível de Ruído da Portaria N° 1141/GM5.

Tendo em vista que a Energia Sonora Máxima ocorre em distâncias diferentes para cada um dos três conjuntos de Curvas de Nível de Ruído da Portaria N° 1141/GM5, é necessário que se

estabeleça uma distância de referência que permita a comparação da energia sonora das aeronaves em um mesmo ponto, para os três conjuntos.

Esta distância de referência pode ser escolhida arbitrariamente visto que o modelo de campo acústico livre apresenta um comportamento bem definido. Portanto, neste trabalho, a distância de referência será estabelecida com valor de 1000 m.

Com base na formulação matemática do decaimento de nível de pressão sonora em campo livre, a Energia Sonora Máxima para cada um dos três conjuntos, na distância de referência, será determinada por:

Conjunto Grande de Curvas de Nível de Ruído

$$SEL_{1000m} = 103 + 20 \log (2500/1000)$$

$$SEL_{1000m} = 111 \text{ dB(A)}$$

Conjunto Médio de Curvas de Nível de Ruído

$$SEL_{1000m} = 103 + 20 \log (1500/1000)$$

$$SEL_{1000m} = 106,5 \text{ dB(A)}$$

4.3.1 Conjunto Pequeno de Curvas de Nível de Ruído

$$SEL_{1000m} = 103 + 20 \log (500/1000)$$

$$SEL_{1000m} = 97 \text{ dB(A)}$$

Os valores obtidos acima formam a base do Critério Proposto. Para se determinar qual dos três conjuntos de curva deve ser aplicado a um determinado aeródromo, basta somar a energia sonora produzida por todas as aeronaves que operam em um período de vinte e quatro horas em um ponto localizado a 1000 m da cabeceira.

Se a energia sonora a 1000 m for inferior a 97 dB(A), então o Conjunto Pequeno de Curvas de Nível de Ruído deve ser aplicado. Se a energia sonora a 1000 m estiver a 97,1 dB(A) e 106,5 dB(A), o Conjunto Médio de Curvas de Nível de Ruído deve ser aplicado. Se a energia sonora a 1000 m estiver a 106,6 dB(A) e 111 dB(A), o Conjunto Grande de Curvas de Nível de Ruído deve ser aplicado. Se a energia sonora a 1000 m for superior a 111,1 dB(A), então será

necessária a elaboração de um Plano Específico de Zoneamento de Ruído. A tabela 4-1 apresenta um resumo do critério de seleção apresentado anteriormente.

Tabela 4.1 – Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído

ÁREA A SELEÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO		Conjunto de Curvas a ser aplicado	
	SEL_{1000m}	≤ 97 dB(A)	Pequeno
$97,1$ dB(A) \leq	SEL_{1000m}	$\leq 106,5$ dB(A)	Médio
$106,6$ dB(A) \leq	SEL_{1000m}	≤ 111 dB(A)	Grande
	SEL_{1000m}	$\geq 111,1$ dB(A)	PEZR

Passo 4 – Estabelecer os Coeficientes das aeronaves fornecidas pelo INM 5.2a.

Neste passo são estabelecidos os coeficientes de cada uma das 104 aeronaves disponíveis no INM5.2a. Este coeficiente representa o valor da energia sonora, expressa em SEL dB(A), produzida por uma determinada aeronave em procedimento de pouso em um ponto localizado a 1000 m da cabeceira do aeródromo, nas condições de referência.

Para a utilização do Critério Proposto é necessária a utilização dos coeficientes das aeronaves apresentados no Anexo 1. O Anexo 2 apresenta algumas informações suplementares sobre as aeronaves, tais como os tipos de motores e pesos máximos de decolagem e pouso de cada aeronave. Caso a aeronave desejada não faça parte da lista apresentada no Anexo 1 é possível utilizar a tabela de equivalência apresentada no Anexo 3.

4.4 COMPOSIÇÃO DO CRITÉRIO PROPOSTO

O Critério Proposto para Seleção de Curvas de Nível de Ruído para os Planos Básicos de Zoneamento de Ruído é composto por:

- Coeficientes das Aeronaves (Anexo 1)
- Lista de Aeronaves Equivalentes (Anexo 3)
- Tabela com o Critério de Seleção

4.5 PROCEDIMENTO PARA UTILIZAÇÃO DO CRITÉRIO PROPOSTO

A seguir será apresentado o procedimento de utilização do modelo na forma de um exemplo. Seja um aeródromo fictício, no qual está prevista a operação das seguintes aeronaves, conforme apresentado na Tabela 4-2.

Tabela 4.2 – Panorama de Operações Previstas para o Aeródromo Fictício

Aeronave	Movimentos (P+D)	
	Diurnos	Noturnos
F10065	2	2
B737/500	6	2
EMB 145	4	2
DHC8	2	3
MD11-GE	6	0

O procedimento para a utilização do Critério Proposto é composto por quatro etapas conforme descrito a seguir.

- **Etapa 1** Determinação dos Coeficientes de Ruído das aeronaves
- **Etapa 2** Determinação da Contribuição Individual das aeronaves.
- **Etapa 3** Determinação do Coeficiente Total do Aeródromo
- **Etapa 4** Seleção do Conjunto de Curvas de Nível de Ruído

Estas Etapas serão descritas a seguir.

Etapa 1 – Determinação dos Coeficientes de Ruído das aeronaves

Na Tabela 4-3, são apresentados os Coeficientes de Ruído das aeronaves do aeródromo em questão, os quais são encontrados no Anexo 1 e na lista de equivalências (Anexo 3).

Tabela 4.3 – Coeficientes de Ruído das Aeronaves

Coeficiente de Ruído das Aeronaves	
	SEL dB(A)
F10065	93,0
B737/500	96,4
EMB 145	90,5
DHC8	90,7
MD11-GE	96,8

Etapa 2 – Determinação da Contribuição Individual das aeronaves.

Para se determinar a Coeficiente Total do Aeródromo (Etapa 3), é necessário determinar a Contribuição Individual (CI) de cada aeronave, a qual é calculada a partir dos coeficientes das aeronaves e dos números de movimentos diurnos e noturnos, conforme segue:

$$CI_{Aeronave} = 10 \log (10^{LDA/10} + 10^{LNA/10})$$

Onde :

LDA =Coeficiente da aeronave + 10 log (pousos diurnos)

LNA =Coeficiente da aeronave + 10 log (pousos noturnos) + 5

Então:

$$CI_{F100} = 99,1 \text{ dB(A)}$$

$$CI_{B737/500} = 101,4 \text{ dB(A)}$$

$$CI_{EMB145} = 95,5 \text{ dB(A)}$$

$$CI_{DHC8} = 100,4 \text{ dB(A)}$$

$$CI_{MD11-GE} = 101,5 \text{ dB(A)}$$

Etapa 3 – Determinação do Coeficiente Total do Aeródromo. O Coeficiente Total do Aeródromo é calculado a partir do somatório de todas as Contribuições Individuais, conforme segue:

Coeficiente Total do Aeródromo (CT_{Aerod})

$$CT_{Aerod} = 10 \log (10^{99,1/10} + 10^{101,4/10} + 10^{95,5/10} + 10^{100,4/10} + 10^{101,5/10})$$

$$CT_{Aerod} = 105,9 \text{ dB(A)}$$

Etapa 4 – Seleção do conjunto de Curvas de Nível de Ruído

Com base no Coeficiente Total do Aeródromo calculado na Etapa 3 e na Tabela 4-4 pode ser verificado que o conjunto de Curvas de Nível de Ruído que melhor se adapta ao Aeródromo em questão é o médio.

Tabela 4.4 – Critério para seleção Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído

'ARA A SELEÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO		Conjunto de Curvas a ser aplicado
	$CT_{Aerop} \leq 97 \text{ dB(A)}$	Pequeno
$97,1 \text{ dB(A)} \leq$	$CT_{Aerop} \leq 106,5 \text{ dB(A)}$	Médio
$106,6 \text{ dB(A)} \leq$	$CT_{Aerop} \leq 111 \text{ dB(A)}$	Grande
	$CT_{Aerop} \geq 111,1 \text{ dB(A)}$	PEZR

Conforme apresentado no Capítulo 3, o conjunto médio de Curvas de Nível de Ruído (pista categoria aviação regular de grande porte baixa densidade e/ou aviação regular de médio porte de alta densidade) possui as seguintes dimensões $C1, C2, R1$ e $R2$ são 1500 m, 2500 m, 240 m e 600 m.

5 DESENVOLVIMENTO DE CURVAS DE RUÍDO: ESTUDO DE CASO

5.1 APRESENTAÇÃO

Neste Capítulo será apresentado o estudo de caso envolvendo o Aeroporto de Criciúma, o qual tem como objetivos a verificação da validade do Critério Proposto para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído e a comprovação da hipótese estabelecida no Capítulo 1.

O Aeroporto de Criciúma foi escolhido como objeto de aplicação do Critério Proposto devido aos seguintes fatores:

- Conforme pode ser verificado no Anexo 4, este aeroporto não possui Plano Específico de Zoneamento de Ruído aprovado, portanto, deve ser enquadrado dentro das regras dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído.
- Este aeroporto possui projeções de demanda de movimento de aeronaves, que são dados fundamentais para o dimensionamento das curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído.

Para o dimensionamento das Curvas de Nível de Ruído 1 e 2 deste aeroporto, serão repetidas as mesmas etapas demonstradas no item Procedimento para utilização do modelo do Capítulo 4.

5.2 AEROPORTO DE CRICIÚMA – CONTEXTO GERAL

5.2.1 – Características Físicas

O Aeroporto de Criciúma (SBCM), possui as seguintes características físicas:

Dimensões da pista = 1491 x 30 m

Temperatura de referência = 30,6 °C

Altitude = 28 m

5.2.2 – Previsão de Demanda de Movimentos

Nas Tabelas 5-1 e 5-2 são apresentadas as projeções de demanda de movimentos (pouso+decolagem) para o aeroporto em questão.

Tabela 5.1 – Previsão de Movimento de Aeronaves Anual (Pouso + Decolagens) no Aeroporto de Criciúma.

Tráfego	Cenário	2002	2007	2017
Doméstico Regional	Pessimista	2.201	2.495	3.370
	Média	2.903	3.200	4.308
	Otimista	3.604	3.910	5.246
Doméstico Não Regular	Pessimista	920	1.116	1.462
	Média	1.213	1.431	1.869
	Otimista	1.506	1.749	2.276
Aviação Geral	Pessimista	1.701	1.300	1.703
	Média	1.412	1.667	2.177
	Otimista	1.754	2.037	2.651
Total Geral	Pessimista	4.192	4.911	6.535
	Média	5.528	6.298	8.354
	Otimista	6.864	7.696	10.173

Fonte – Demanda detalhada dos Aeroportos Brasileiros – DAC/IAC 1999.

Tabela 5.2 – Previsão do Perfil das Aeronaves do Segmento Doméstico Regional Que Deverão Operar no Aeroporto de Criciúma - SC.

ANO	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)	A1 (%)	TAMAV	FA
1998	25	55	20		30	0,28
2002	25	55	20		31	0,25
2007	20	55	23	2	33	0,25
2017	12	62	23	3	35	0,23

Fonte – Demanda detalhada dos Aeroportos Brasileiros – DAC/IAC 1999.

5.3 ESCOLHA DO CENÁRIO E DAS AERONAVES

Tendo em vista o aspecto conservativo das curvas básicas, é desejável tomar a projeção otimista para o horizonte de 2017 para realizar os cálculos procedimento de seleção das Curvas 1 e 2. Desta forma, é esperado um valor médio de 27,8 movimentos por dia (pousos + decolagens),

sendo 14,3 mov./dia de Doméstico Regional, 6,3 mov./dia de Doméstico Não Regular e 7,6 mov./dia de Aviação Geral.

A projeção de demanda do DAC/IAC não indica os modelos específicos das aeronaves que deverão operar neste aeroporto em 2017. Sendo assim, faz-se necessário arbitrar os modelos de aeronaves com base no perfil previsto para este horizonte de tempo.

Portanto, para este estudo de caso, serão consideradas as seguintes aeronaves, cujos parâmetros e descrições são encontradas nos Anexos deste trabalho:

Para os 14,3 movimentos/dia de Doméstico Regional, serão utilizadas as seguintes aeronaves:

- 1,7 mov./dia DHC6 (R1)
- 8,9 mov./dia EMB120 (R2)
- 3,2 mov./dia EMB145 (R3)
- 0,5 mov./dia B373/300 (A1)

Para os 6,3 movimentos dia de Doméstico Não Regular serão arbitradas as seguintes aeronaves:

- 3,15 mov./dia EMB 120 (R2)
- 3,15 mov./dia EMB 145 (R3)

Para os 7,6 movimentos/dia de Aviação Geral será utilizada a aeronave GASEPF.

As aeronaves descritas acima estão em conformidade com o prescrito nas Portaria Nº 13/GM5, de 5 de janeiro de 1994, modificada pela Nº 717/GC5, de 4 de novembro de 1999, que estabelecem os critérios para a operação de aeronaves ruidosas em território nacional.

Cabe ressaltar que a projeção de demanda do DAC/IAC não indica se haverá operações dentro do período noturno. Entretanto, considerando-se que este aeroporto apresenta balizamento noturno, espera-se que parte do movimento previsto opere dentro deste intervalo (entre 22:00 e 7:00 h).

Neste estudo será adotada uma distribuição homogênea dentro do período de 24 horas de operação do aeroporto. Portanto, 62,5 % dos movimentos serão alocados dentro do período diurno e 37,5% no período noturno.

Com base nas informações e nas considerações apresentadas, chega-se ao seguinte panorama de operações:

Tabela 5-3 – Panorama de Operações Previstas Para o Aeroporto de Criciúma em 2017

Aeronave	Movimentos (P+D)	
	Diurnos	Noturnos
DHC6	1	0,7
EMB120	7	5
EMB 145	4	2,4
B737/500	0,3	0,2
GASEPF	4,7	2,9

5.4 DIMENSIONAMENTO DAS CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO 1 E 2

Para fazer o dimensionamento das Curvas de Nível de Ruído 1 e 2 do Aeroporto de Criciúma, serão repetidas as mesmas 6 etapas demonstradas no Capítulo 4 no item 4.5 (Procedimento para utilização do modelo).

Etapa 1 – Determinar os Coeficientes das aeronaves

Na Tabela 5-4, são apresentados os Coeficientes de Ruído das aeronaves do aeroporto em questão, os quais são encontrados no Anexo 1 e na lista de equivalências (Anexo 3).~

Tabela 5.4 – Coeficientes de Ruído das Aeronaves

Coeficiente de Ruído das Aeronaves	
	SEL dB(A)
DHC6	90,3
EMB 120 (DHC8)	90,7
EMB 145	90,5
B737/500	96,4
GASEPF	80,4

Etapa 2 – Determinar a Energia Sonora do Aeroporto.

Para se determinar a Energia Sonora do Aeroporto, é necessário determinar a Contribuição Individual (CI) de cada aeronave, a qual é calculada a partir dos coeficientes axial e lateral e dos números de movimentos diurnos e noturnos, conforme segue:

$$CI_{Aeronave} = 10 \log (10^{LDa/10} + 10^{LNa/10})$$

Onde :

LDa =Coeficiente da aeronave + 10 log (pousos diurnos)

LNa =Coeficiente da aeronave + 10 log (pousos noturnos) + 5

Então:

$$CI_{DHC6} = 92,3 \text{ dB(A)}$$

$$CI_{EMB120} = 101,2 \text{ dB(A)}$$

$$CI_{EMB145} = 98,1 \text{ dB(A)}$$

$$CI_{B737/500} = 93,0 \text{ dB(A)}$$

$$CI_{GASEPF} = 88,7 \text{ dB(A)}$$

O Coeficiente Total do Aeroporto é calculado a partir do somatório de todas as Contribuições Individuais, conforme segue:

Coeficiente Total do Aeroporto (CA_{Aerop})

$$CA_{Aerop} = 10 \log (10^{92,3/10} + 10^{101,2/10} + 10^{98,1/10} + 10^{93,0/10} + 10^{88,7/10})$$

$$CA_{Aerop} = 103,8 \text{ dB(A)}$$

Etapa 3 – Seleção da Curva

Com base no valor do Coeficiente Total do Aeroporto calculado na Etapa 2 e no critério apresentado na Tabela 5-5, pode se verificar que o conjunto de Curvas de Nível de Ruído mais adequadas para o Aeroporto de Criciúma – SC é o médio.

Tabela 5.5 – Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído

CRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE CURVAS DE NÍVEL DE RUÍDO		Conjunto de Curvas a ser aplicado
	SEL_{1000m}	≤ 97 dB(A) Pequeno
$97,1$ dB(A) \leq	SEL_{1000m}	$\leq 106,5$ dB(A) Médio
$106,6$ dB(A) \leq	SEL_{1000m}	≤ 111 dB(A) Grande
	SEL_{1000m}	$\geq 111,1$ dB(A) PEZR

Portanto, os comprimentos de C1, C2, R1 e R2 são 1500 m, 2500 m, 240 m e 600 m respectivamente (Figura 5-1).

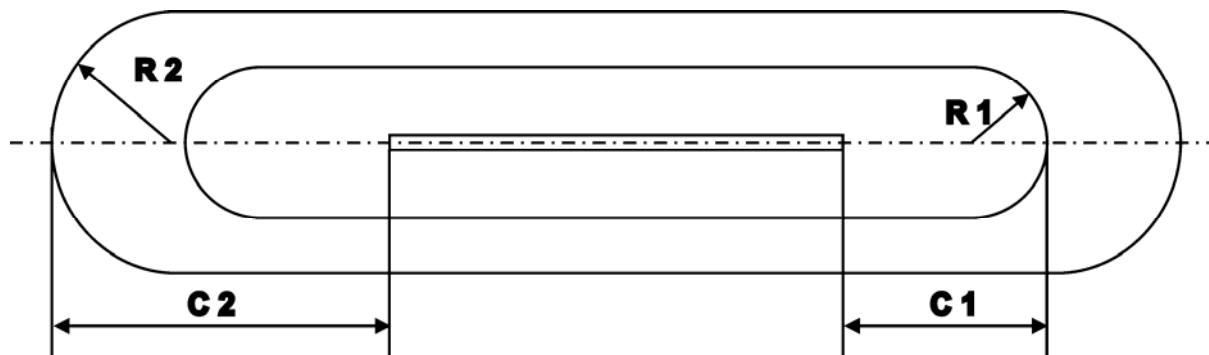


Figura 5.1 – Esquema da Curva do Plano Básico de Zoneamento de Ruído da Portaria N° 1.141/GM5.

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

6.1 APRESENTAÇÃO

Neste capítulo será apresentada uma avaliação dos resultados obtidos no estudo do Aeroporto de Criciúma – SC, por meio de um estudo comparativo com a Portaria Nº 1141/GM5.

6.2 APLICAÇÃO DA PORTARIA Nº 1.141/GM5 PARA O AEROPORTO DE CRICIÚMA – SBCM

Para se enquadrar um determinado aeroporto em uma das seis Categorias prescritas na Portaria Nº 1141/GM5, e por consequência estabelecer as suas Curvas de Nível de Ruído, é necessário verificar quatro fatores:

- *Tipo de aeronave;*
- *Número de movimentos que deverão ocorrer em um horizonte de vinte anos;*
- *Operações noturnas;*
- *Regularidade dos vôos.*

De acordo com as informações sobre o Aeroporto de Criciúma mostradas no Capítulo anterior, será feita uma análise para o seu enquadramento nas Categorias prescritas na Portaria Nº 1141/GM5.

Categoria VI

De acordo com o Capítulo 1 da referida Portaria, a Categoria VI é destinada à operação não regular de aeronaves com motores turboélice ou pistão, com peso máximo de decolagem inferior a 9.000 kg, a saber, aviação de pequeno porte.

Tendo em vista que são esperados movimentos de aviação regular com aeronaves com peso máximo superior a 9.000 kg, tais como o B737/300 e o EMB-145, rejeita-se o enquadramento do Aeroporto de Criciúma na Categoria VI.

Categorias IV e V

Segundo a mesma Portaria, as Categorias IV e V são destinadas às pistas de aviação regular de médio porte. Por aviação regular de médio porte entende-se como aquela

operada por aeronaves equipadas com motores turboélice ou pistão, com peso máximo de decolagem igual ou superior a 40.000 kg.

Considerando que são esperados movimentos de aviação regular com aeronaves a jato (grande porte), com peso máximo de decolagem superior a 40.000 kg, rejeita-se o enquadramento do Aeroporto de Criciúma nas Categorias IV e V.

Categoria III

A Categoria III está destinada à aviação regular de grande porte de baixa densidade. Por aviação regular de grande porte entende-se como aquela operada por aeronaves com motores turbofan, turbojato, jato puro ou turboélice, este com peso máximo de decolagem igual ou superior a 40.000 kg.

As considerações feitas no Capítulo 5 a respeito dos tipos de aeronaves no Aeroporto de Criciúma mostram que é esperada a operação da aviação regular de grande porte.

Entretanto, na Categoria III não estão previstas operações dentro do período noturno. De acordo com as projeções feitas no estudo de caso, são esperados cerca de onze movimentos dentro deste período. Desta forma, a possibilidade de enquadramento do Aeroporto de Criciúma na Categoria III está descartada.

Categoria II

A Categoria III está destinada à aviação regular de grande porte de média densidade, com no máximo dois movimentos noturnos por dia. Tendo em vista que são projetados cerca de onze movimentos noturnos, sendo aproximadamente três desses movimentos operados por aeronaves de grande porte, verifica-se que o aeroporto em questão não pode ser classificado nesta categoria.

Categoria I

Por eliminação, a única das seis Categorias na qual o Aeroporto de Criciúma pode ser enquadrado é a Categoria I – pista de aviação regular de grande porte de alta densidade. Cabe ressaltar que a Portaria Nº 1141/GM5 não apresenta as Curvas de Nível de Ruído para esta Categoria, sendo necessário o estabelecimento de um Plano Específico de Zoneamento de Ruído.

Sendo assim, o Aeroporto de Criciúma, devido ao seu perfil de movimentos de aeronaves esperados para um horizonte de vinte anos, não pode ser enquadrado dentro das Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído.

Tendo em vista que este aeroporto não possui Plano Específico de Zoneamento de Ruído, conforme pode ser verificado no Anexo 4, verifica-se que a definição de suas Curvas de Nível de Ruído deverão ser objeto de estudo especial por parte do DAC, uma vez que se trata de um caso omissos (Art. 90). Além disso, mesmo que o enquadramento fosse possível, não estaria garantida a compatibilidade dos níveis de ruído produzidos pelas operações aeronáuticas com os padrões estabelecidos pela NBR 10151.

6.3 ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO DO AEROPORTO DE CRICIÚMA

O Critério Proposto de seleção de Curvas de Nível de Ruído não apresenta as limitações do sistema de Categorias da Portaria N° 1141/GM5, visto que está baseado somente na energia sonora que pode conter cada um dos seus três conjuntos de curvas, sem levar em considerações aspectos como a regularidade dos vôos e homogeneidade de frota de aeronaves.

Uma vez determinada a quantidade de energia sonora das aeronaves que deverão operar em um determinado aeródromo a compatibilização com a NBR 10151 está garantida.

De acordo com o estudo de caso do Capítulo 5 para o Aeroporto de Criciúma, pode ser verificado que o conjunto de Curvas de Nível de Ruído que melhor se adapta ao Aeroporto em questão é o médio, isto é, o destinado atualmente para categoria aviação regular de grande porte baixa densidade e/ou aviação regular de médio porte de alta densidade.

Portanto, o Critério Proposto proporciona uma resposta adequada para os problemas de enquadramento e adequação à norma NBR 10151, sendo considerado mais flexível e confiável que o da Portaria N° 1141/GM5.

7 CONCLUSÕES, LIMITAÇÕES, RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES

7.1 APRESENTAÇÃO

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões relativas ao Critério Proposto para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído. Além disso, serão apresentadas algumas deficiências e limitações técnicas que estão envolvidas no critério em tela, bem como algumas recomendações que poderão ser consideradas quando da revisão da Portaria Nº 1141/GM5, de 8 de dezembro de 1987.

Por fim serão feitas sugestões de trabalhos futuros, os quais poderão compor o conjunto de ferramentas necessárias para o desenvolvimento de PZRs mais adequados no Brasil.

7.2 CONCLUSÕES

Conforme demonstrado, o Critério Proposto para Seleção de Curvas de Nível de Ruído proporciona inúmeras vantagens em relação ao apresentado na Portaria Nº 1141/GM5. Dentre elas destacam-se a compatibilidade com o previsto na Norma NBR 10151, da ABNT, e a possibilidade de poder ser aplicado em qualquer aeródromo.

Segundo a análise feita no Capítulo 6, a Portaria Nº 1141/GM5 mostrou-se bastante limitada. Esta limitação faz surgir uma série de dificuldades no enquadramento de aeródromos em suas Categorias, evidenciando a necessidade da utilização do seu Art. 90 que trata de casos omissos.

7.3 LIMITAÇÕES DO CRITÉRIO PROPOSTO

Embora o Critério Proposto seja muito flexível e produza resultados confiáveis, apresenta algumas limitações que serão comentadas a seguir:

- Tendo em vista que este modelo está baseado na SAE/AIR 1845, não é levada em consideração a redução de ruído produzida pela absorção sonora do ar.
- Não são levados em consideração os efeitos que ocorrem com a propagação sonora quando o campo acústico não é livre, que é o caso existente quando se está dentro de uma malha urbana.

- A forma da curva de nível de ruído do Critério Proposto não representa com exatidão o que ocorre quando da operação de um aeródromo. Entretanto, optou-se por manter a atual forma da curva apresentada na Portaria Nº 1141/GM5 por tratar-se de uma configuração simples de ser adotada pelas prefeituras de centenas de municípios brasileiros.

7.4 RECOMENDAÇÕES

Com base nesta monografia, recomenda-se que sejam feitas alterações na Portaria Nº 1141/GM5 no sentido de incorporar o Critério para Seleção de Curvas de Nível de Ruído dos Planos Básicos de Zoneamento de Ruído.

Recomenda-se ainda que sejam mantidas atualizadas as previsões de demanda de movimento de aeronaves para os aeródromos e aeroportos brasileiros, uma vez que sem estas informações não é possível chegar a Curvas de Nível de Ruído confiáveis para a elaboração de PZRs.

7.5 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Embora a maioria dos grandes aeroportos brasileiros possua Planos Específicos de Zoneamento de Ruído, a Portaria Nº 1141/GM5 continua sendo uma importante ferramenta para o gerenciamento do uso do solo nas áreas de entorno de mais de 1.900 aeródromos em todo o Brasil.

Neste trabalho foi desenvolvido um método de dimensionamento capaz de produzir curvas de nível de ruído confiáveis e compatíveis com o preconizado na Norma NBR 10151. Entretanto, o Critério Proposto não engloba a operação de helipontos e heliportos. Segundo a Portaria Nº 1141/GM5, as Curvas de Nível de Ruído 1 e 2, para estes equipamentos, possuem raios fixos iguais a 100 e 300 m respectivamente, e não levam em consideração fatores importantes como número de movimentos, operações noturnas, tipos de helicópteros, elevação em relação ao solo e os requisitos da Norma NBR 10151. Portanto sugere-se que esta situação seja foco de estudo de futuros trabalhos na área de poluição sonora.

Acrescenta-se a esta sugestão a necessidade da realização de estudos para atualização dos valores das curvas dos Planos Específicos de Zoneamento de Ruído, que hoje são de 75 e 65 IPR, para as Curvas de Nível de Ruído 1 e 2 respectivamente. Estes valores são considerados incompatíveis

com as restrições ao uso do solo impostas dentro das áreas I e II de ruído dos Planos de Zoneamento de Ruído.

Por último julga-se adequado o desenvolvimento de pesquisa sobre a resposta da população brasileira ao ruído aeronáutico, visto não haver estudos disponíveis sobre o assunto. Cabe ressaltar que estas informações são extremamente relevantes para a adequada compatibilização do uso do solo nas áreas de entorno com a atividade aeroportuária

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, *Norma Brasileira*

Registradas 10151, Acústica, Avaliação de Ruído em Áreas Habitadas, Visando o Conforto Acústico da Comunidade – Procedimento.

CÓDIGO BRASILEIRO DE AERONÁUTICA, 1986, Lei N° 7.565.

COMAER, Portaria N° 1.141/GM5, 1987, *Publicada no Diário Oficial da União, seção I de 9 DEZ 1987*

COMAER, *Demanda Detalhada dos Aeroportos Brasileiros* – Instituto de Aviação Civil, Rio de Janeiro, 1998.

COMAER, Rotaer, 1999, *Manual Auxiliar de Rotas Aéreas*.

COMAER, Instrução de Aviação Civil N° 4301, 2000, *Instrução para Autorização de Construção de Registro de Aeródromos Privados*.

CONAMA Resolução N° 001, 1990, *Publicada no Diário Oficial da União, 2 ABR 1990, seção I, pág. 6.408*;

CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL, 1988;

DOWLING, A.P., WILLIAMS, J.E.F., 1983, *Sounds and Sources of Sound*, Ellis Horwood Limited.

HALL, D.E., 1987, *Basic Acoustics*, Happer & Row, Publishers, inc.

HARRIS, C.M., 1979, *Handbook of Noise Control*, 2 ed. McGraw-Hill, inc.

HASSAL, J.R., ZAVERI K., 1979, *Acoustic Noise Measurements*, 4 ed. Brüel & Kjaer.

IINTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Annex 16, Volume 1, 1993, *Aircraft Noise*, 3 ed.

IINTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Environmental Technical Manual, 1995, 2 ed., Doc 9501-AN/929.

IINTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Circular 205, 1985, *Recomended Method for Computing Noise Contours Around Airports*.

IINTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Aircraft Noise Data Base, 2001, *NoiseDB 1.0*.

IINTERNACIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, Airport Planning Manual, 1998, *Part 2, Land Use and Environmental Control* 2 ed., Doc 9184.

KINSLER, L.E., FREY, A.R., 1962, *Fundamentals of Acoustic*, 2 ed. John Wiley & Sons, inc.

KRYTER, K.D., 1970, *The Effects of Noise on Man*, Academic Press.

PETERSON, A.P.G., 1980, *Handbook of Noise Measurements*, GenRad, inc.

PIERCE, A.D., 1981, *An Introduction to Its Principles and Applications*. McGraw-Hill, inc.

SILVA, P., 1997, *Acústica Arquitetônica & Condicionamento de Ar*, 3 ed. Editora Termo Acústica LTDA.

SOUZA, C. A. F., 2001, *Procedimentos de Gestão Ambiental em Aeroportos*. Monografia de Especialização, Publicação E-TA02A/2001, Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes, Universidade de Brasília, Brasília, 83p.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS INC, 1986, *Aerospace Information Report 1845, Procedure for the Calculation of Airplane Noise in the Vicinity of Airports*, Society of Automotive Engineers, inc.

ANEXO 1
Coeficiente de Ruído das Aeronaves

Coeficiente de Ruído das Aeronaves

SEL dB(A)

707	110,7
707120	112,4
707320	113,5
707QN	105,1
720	110,6
720B	110,5
727100	106,2
727200	105,9
727D15	106,2
727D17	99,7
727EM1	99,2
727EM2	99,3
727Q15	99,6
727Q7	99,3
727Q9	99,7
727QF	95,5
737	102,9
737300	96,3
7373B2	96,3
737400	96,4
737500	96,4
737D17	96,1
737N17	95,8
737N9	95,2

Coeficiente de Ruído das Aeronaves

SEL dB(A)

737QN	95,6
747100	107,6
74710Q	104,1
747200	104,1
74720A	104,4
74720B	104,5
747400	104,2
747SP	103,5
757PW	96,9
757RR	95,4
767300	99,3
767CF6	98,6
767JT9	98,6
777200	98,5
A300	99,8
A310	99,4
A320	96,6
A7D	106,9
BAC111	102,8
BAE146	94,3
BAE300	94,2
BEC58P	87,9
C130	98,1
CIT3	87,0
CL601	90,5
CNA441	86,1
CNA500	88,2

Coeficiente de Ruído das Aeronaves

SEL dB(A)

COMJET	94,3
COMSEP	83,7
CONCRD	115,4
CVR580	95,8
DC1010	101,1
DC1030	101,3
DC1040	100,6
DC3	101,1
DC6	103,6
DC820	110,7
DC850	113,8
DC860	113,3
DC870	97,4
DC8QN	104,6
DC910	102,6
DC930	103,3
DC93LW	95,6
DC950	96,8
DC95HW	94,7
DC9Q7	95,2
DC9Q9	96,3
DHC6	90,3
DHC7	80,5
DHC8	90,7
DHC830	89,9
EMB145	90,5
F10062	93,1

Coeficiente de Ruído das Aeronaves

SEL dB(A)

F10065	93,0
F28MK2	100,4
F28MK4	96,6
F4C	117,6
FAL20	101,8
GASEPF	80,4
GASEPV	88,1
GIV	90,6
HS748A	100,6
<hr/>	
KC135	117,5
KC135B	112,6
KC135R	100,0
L1011	102,8
L10115	103,0
L188	98,3
LEAR25	102,2
LEAR35	90,7
MD11GE	96,8
MD11PW	99,5
MD81	92,0
MD82	92,0
MD83	92,4
MU3001	89,7
SABR80	101,7
SD330	89,4
SF340	88,2

ANEXO 2
Descrição das Aeronaves

Aeronave	Descrição	Motor	Número		PMD	PMP
			De	Motores	(Lb)	(Lb)
707	B707-120/JT3C	JT4A	4		302400	188900
707120	B707-120B/JT3D-3	JT3D	4		302400	188900
707320	B707-320B/JT3D-7	JT3D	4		334000	247000
707QN	B707-320B/JT3D-7QN	JT3DQ	4		334000	247000
720	B720/JT3C	JT4A	4		223500	155600
720B	B720B/JT3D-3	JT3D	4		234000	175000
727100	B727-100/JT8D-7	3JT8D	3		169500	142500
727200	B727-200/JT8D-7	3JT8D	3		217600	163300
727D15	B727-200/JT8D-15	3JT8D	3		208000	169000
727D17	B727-200/JT8D-17	3JT8DQ	3		208000	169000
727EM1	FEDX 727-100/JT8D-7	3JT8E7	3		169500	142500
727EM2	FEDX 727-200/JT8D-15	3JT8E5	3		208000	169000
727Q15	B727-200/JT8D-15QN	3JT8DQ	3		208000	169000
727Q7	B727-100/JT8D-7QN	3JT8DQ	3		169500	142500
727Q9	B727-200/JT8D-9	3JT8DQ	3		191000	160000
727QF	UPS 727100 22C 25C	TAY65 1	3		169000	142500
737	B737/JT8D-9	2JT8D	2		109000	98000
737300	B737-300/CFM56-3B-1	CFM56 3	2		135000	114000
7373B2	B737-300/CFM56-3B-2	CFM56 3	2		139000	114000
737400	B737-400/CFM56-3C-1	CFM56 3	2		150000	124000
737500	B737-500/CFM56-3B-1	CFM56 3	2		138500	111000
737D17	B737-200/JT8D-17	2JT8DQ	2		124000	107000

Aeronave	Descrição	Motor	Número		PMD	PMP
			De	Motores		
					(Lb)	(Lb)
737N17	B737-200/JT8D-17 Nordam B737 LGW Hushkit	2JT8DN	2		124000	107000
737N9	B737/JT8D-9 Nordam B737 LGW Hushkit	2JT8DN	2		109000	98000
737QN	B737/JT8D-9QN	2JT8DQ	2		109000	98000
747100	B747-100/JT9DBD	JT9DB D	4		733000	516600
74710Q	B747-100/JT9D-7QN	JT9DFL	4		733000	564000
747200	B747-200/JT9D-7	JT9DFL	4		775000	564000
74720A	B747-200/JT9D-7A	JT9D7Q	4		785000	564000
74720B	B747-200/JT9D-7Q	JT9D7Q	4		800000	630000
747400	B747-400/PW4056	PW405 6	4		870000	630000
747SP	B747SP/JT9D-7	JT9DFL	4		702000	475000
757PW	B757-200/PW2037	PW203 7	2		240000	198000
757RR	B757-200/RB211-535E4	RR535E	2		220000	198000
767300	B767-300/PW4060	2CF680	2		407000	320000
767CF6	B767-200/CF6-80A	2CF680	2		315500	270000
767JT9	B767-200/JT9D-7R4D	2CF680	2		351000	270000
777200	Boeing 777-200 GE90-76B	GE9076	2		535000	445000
A300	A300B4-200/CF6-50C2	2CF650	2		364000	295000
A310	A310-300/CF6-80C2A2	2CF650	2		331000	271000
A320	A320-211/CFM56-5A-1	CFM56 5	2		162000	142000
A7D	A-7D,E/TF-41-A-1	TF41	1		42000	37100
BAC111	BAC111/SPEY MK511-14	2JT8D	2		89600	82000
BAE146	BAE146-200/ALF502R-5	AL502 R	4		93000	81000
BAE300	BAE146-300/ALF502R-5	AL502	4		97500	84500

Aeronave	Descrição	Motor	Número		PMD	PMP
			De	Motores		
R						
BEC58P	BARON 58P/TS10-520-L	TSIO52	2		6100	6100
C130	C-130H/T56-A-15	T56A15	4		155000	135000
C130E	C-130E/T56-A-7	T56A7	4		155000	130000
CIT3	CIT 3/TFE731-3-100S	TF7313	2		20000	17000
CL601	CL601/CF34-3A	CF34	2		43100	36000
CNA441	CONQUEST II/TPE331-8	TPE331	2		9900	9400
CNA500	CIT 2/JT15D-4	JT15D1	2		14700	14000
COMJET	1985 BUSINESS JET	CGAJ	2		19200	16200
COMSEP	1985 1-ENG COMP	CGASE P	1		2440	2400
CONCRD	CONCORDE/OLY593					
		OLY59 3	4		400000	245000
CVR580	CV580/ALL 501-D15	501D13	2		58000	52000
DC1010	DC10-10/CF6-6D	CF66D	3		455000	363000
DC1030	DC10-30/CF6-50C2	CF66D	3		572000	403000
DC1040	DC10-40/JT9D-20	CF66D	3		555000	403000
DC3	DC3/R1820-86	2R2800	2		28000	24500
DC6	DC6/R2800-CB17	4R2800	4		106000	95000
DC820	DC-8-20/JT4A	JT4A	4		317600	194400
DC850	DC8-50/JT3D-3B	JT3D	4		325000	240000
DC860	DC8-60/JT3D-7	JT3D	4		355000	275000
DC870	DC8-70/CFM56-2C-5	CFM56 2	4		355000	258000
DC8QN	DC8-60/JT8D-7QN					
		JT3DQ	4		355000	275000
DC910	DC9-10/JT8D-7	2JT8D	2		90700	81700
DC930	DC9-30/JT8D-9	2JT8D	2		114000	102000
DC93LW	DC9-30/JT8D-9 w/ ABS Lightweight hushkit	2JT8DL	2		114000	102000
DC950	DC9-50/JT8D-17	2JT8DQ	2		121000	110000

Aeronave	Descrição	Motor	Número		PMD	PMP
			De	Motores	(Lb)	(Lb)
DC95HW	DC9-50/JT8D17 w/ ABS Heavyweight hushkit	2JT8DH	2		121000	110000
DC9Q7	DC9-10/JT8D-7QN	2JT8DQ	2		90700	81700
DC9Q9	DC9-30/JT8D-9QN	2JT8DQ	2		114000	102000
DHC6	DASH 6/PT6A-27	PT6A27	2		12500	12300
DHC7	DASH 7/PT6A-50	PT6A50	4		41000	39000
DHC8	DASH 8-100/PW121	PW120	2		34500	33900
DHC830	DASH 8-300/PW123	PW120	2		43000	42000
EMB145	Embraer 145 ER/Allison AE3007	AE3007	2		45420	41230
F10062	F100/TAY 620-15	TAY62 0	2		95000	85500
F10065	F100/TAY 650-15	TAY65 0	2		98000	88000
F28MK2	F28-2000/RB183MK555	RB183	2		65000	59000
F28MK4	F28-4000/RB183MK555	RB183P	2		73000	64000
F4C	F-4C/J79-GE-15	J79	2		52000	40000
FAL20	FALCON 20/CF700-2D-2	CF700	2		28700	27300
GASEPF	1985 1-ENG FP PROP	SEPFP	1		2200	2200
GASEPV	1985 1-ENG VP PROP	SEPVVP	1		3000	3000
GIV	GIV/TAY 611	TAY62 0	2		71700	58500
HS748A	HS748/DART MK532-2	RDA53 2	2		46500	43000
KC135	KC135A/J57-P-59W	J57	4		300000	228000
KC135B	KC135B/JT3D-7	JT3D	4		300000	228000
KC135R	KC135R/CFM56-2B-1	CFM56 A	4		324000	244000
L1011	L1011/RB211-22B	RB2112	3		430000	358000
L10115	L1011-500/RB211-224B	RB2112	3		510000	368000

Aeronave	Descrição	Motor	Número		PMD	PMP
			De	Motores	(Lb)	(Lb)
L188	L188C/ALL 501-D13	T56A7	4		116000	98100
LEAR25	LEAR 25/CJ610-8	CJ610	2		15000	13500
LEAR35	LEAR 36/TFE731-2	TF7312	2		18300	15300
MD11GE	MD-11/CF6-80C2D1F	2CF68D	3		682400	433300
MD11PW	MD-11/PW 4460	PW446 0	3		682400	433300
MD81	MD-81/JT8D-209	2JT8D2	2		140000	128000
MD82	MD-82/JT8D-217A	2JT8D2	2		149500	130000
MD83	MD-83/JT8D-219	2JT8D2	2		160000	139500
MU3001	MU300-10/JT15D-4	JT15D5	2		14100	13200
SABR80	NA SABRELINER 80	CF700	2		33720	27290
SD330	SD330/PT6A-45AR	PT6A45	2		22900	22600
SF340	SF340B/CT7-9B	CT75	2		27300	26500

ANEXO 3
Lista de Equivalência de Aeronaves

Aeronaves	Descrição	Equivalência
7073SH	707-300 ADV/C w/Shannon H/K	707QN
707C56	707 w/CFM56	DC870
720TJ	B720 Turbojet	DC820
727RR1	727-100 with RR TAY 650 eng.	727EM1
727RR2	727-200 with RR TAY 650 eng.	727EM2
73717A	737-100 w/JT8D-7A	737QN
737215	737-200 ADV w/JT15QN	737D17
7373C1	737-300 w/CFM56-3C1	7373B2
7375B2	737-500 w/CFM56-3B2	7373B2
7375C1	737-500 w/CFM56-3C1	7373B2
7472G2	747-200 w/JT9D-7R4G2	747200
7473G2	747-300 w/JT9D-7R4G2	74720B
747R21	747 w/CF6 or RB211 engines	74720B
777	Boeing 777	767JT9
A4	US Navy Skyhawk (All Series)	A7D
A7	US Military Corsair II (All Series)	A7D
A10	USAF Thunderbolt II	A7D
A330	Airbus A330	A310
A340	Airbus A340	DC870
AA5A	Grumman Cheetah (AA5A)	GASEPF
AEROJT	Aero Commander Jet Commander	LEAR25
AN26	Antonov-26	CVR580
AN74TK	Antonov-74	DC9Q9
AN124	Antonov-124	74720B
ATR42	Avions de Transport Regional ATR-42	DHC8
ATR72	Avions de Transport Regional ATR-72	HS748A
BAEATP	British Aerospace Advanced Turboprop ATP	HS748A
BAEJ31	British Aerospace BAe Jetsream 31	DHC6

Aeronaves	Descrição	Equivalência
BEC18	Beechcraft Model 18	CNA441
BEC23	Beechcraft Model 23 Musketeer	GASEPF
BEC33	Beechcraft Model 33 Debonair/Bonanza	GASEPV
BECM35	Beechcraft Model M35 Bonanza	GASEPV
BEC400	Beechcraft Beechjet 400	LEAR35
BEC45	Beechcraft Model 45 Mentor (T34A & T34B)	GASEPV
BEC50	Beechcraft Model 50 Twin Bonanza	BEC58P
BEC55	Beechcraft Model 55 Barron	BEC58P
BEC58	Beechcraft Model 58 Barron	BEC58P
BEC60	Beechcraft Model 60 Duke	BEC58P
BEC65	Beechcraft Model 65 Queen Air	BEC58P
BEC76	Beechcraft Model 76 Duchess	BEC58P
BEC80	Beechcraft Model Queen Air 80 series	BEC58P
BEC95	Beechcraft Model 95 Travel Air	BEC58P
BN3	Britten-Norman BN-3 Nymph	GASEPF
BN2A	Britten-Norman BN-2A Islander	BEC58P
C141	Lockheed C-141 Starlifter	707320
C17A	Globemaster III C-17	DC870
C20	US Military Gulfstream III	GIIB
C20A	US Military Gulfstream III	GIIB
C5	Lockheed Galaxy	74720B
C8	US Army DHC-5 Buffalo	HS748A
C9B	Navy DC9-30 SkyTrain	DC9Q9
CA212	CASA C-212 Aviocar	DHC6
CAN235	CACA-Nurtanio CN-235 Airtech	SF340
CC138	Canadian Air Force DHC-6 Twin Otter	DHC6
CL610	Canadair CL-610 Challenger E	CL601
CLREGJ	Canadair Regional Jet	CL601
CNAWAG	Cessna AGWAGON	GASEPV
CNATRK	Cessna AGTRUCK	GASEPV
CNACAR	Cessna AGCARRYALL	GASEPV

Aeronaves	Descrição	Equivalência
CNA150	Cessna 150	GASEPF
CNA172	Cessna 172 Skyhawk	GASEPF
CNA177	Cessna 177 Cardinal	GASEPF
CNA180	Cessna Skywagon	GASEPF
CNA185	Cessna Skywagon	GASEPF
CNA310	Cessna 310	BEC58P
CNA340	Cessna 340	CNA441
CNA401	Cessna 401	CNA441
CNA402	Cessna 402	BEC58P
CNA421	Cessna 421 Golden Eagle	BEC58P
CNA501	Cessna Citation I Single Pilot (SP)	CNA500
CNA550	Cessna Model 550 Citation II	MU3001
CNA551	Cessna Citation II Single Pilot (SP)	MU3001
CNA650	Cessna 650 Citation VII	CIT3
CNV600	Convair 600	HS748A
CNV640	Convair 640	HS748A
CNV880	Convair 880	DC820
CNV990	Convair 990	707
CONSTE	Lockheed Constellation	DC6
DBMERC	Dassault Mercure	737D17
DC4	Douglas DC-4	DC6
DC7	Douglas DC-7	DC6
DC86BT	DC8-62/63 w/Burbank Treatment	DC8QN
DC9317	DC930 w/JT8D-17 &15	DC9Q9
DC937A	DC930 w/JT8D-7 & 7A	DC9Q9
DC9411	DC940 w/JT8D-11	DC9Q9
DHC2	De Havilland DHC-2 Beaver	BEC58P
DHC4	De Havilland DHC-4 Caribou	DC3
DO228	Dornier-228	DHC6
DO328	Dornier-328	DHC8
EA6	US Navy EA-6 Intruder (Electronic)	A7D

Aeronaves	Descrição	Equivalência
EMB110	Embraer Bandeirante 110	DHC6
F14	US Navy F-14 Tomcat	A7D
F18	US Navy F-18 Hornet	A7D
F100	USAF Super Sabre	A7D
FAL10	Falcon 10	LEAR35
FAL200	Falcon 200	LEAR35
FH27	Fairchild-Hiller F-27 (Fokker 27)	HS748A
FH227	Fairchild-Hiller F-227 (Fokker 27 Elong)	HS748A
FK27	Fokker F.27	HS748A
FK50	Fokker 50	DHC830
FK70	Fokker 70	F10062
GA7	Grumman Cougar (GA7)	BEC58P
G164AG	GrummanAmerican Super Agcat	GASEPV
GROB15	Burkhart Grob G 115	GASEPF
GULF1	Gulfstream I (G159)	HS748A
GULF2	Gulfstream II	GIIB
GULF3	Gulfstream III	GIIB
HS125	Hawker-Siddeley 125	LEAR25
HS1258	Bae (Hawker-Siddeley) 125-800	LEAR35
IA1123	IAI 1123 Westwind	LEAR25
IARAVA	IAI Arava	DHC6
IL62	Ilyushin-62	707QN
IL76	Ilyushin-76	DC8QN
IL86	Ilyushin-86	DC8QN
IL96	Ilyushin-96	747200
IL114	Ilyushin-114	CVR580
JST1TJ	Jetstar 1 Turbojet	LEAR25
JST1TF	Jetstar 1 Turbofan	LEAR35
JST2TF	Lockheed Jetstar 2	LEAR35
KC135E	Boeing KC135 Stratotanker (Re-engined)	707320
LEAR23	Learjet 23	LEAR25

Aeronaves	Descrição	Equivalência
LEAR24	Learjet 24	LEAR25
LEAR31	Learjet 31	LEAR35
LEAR36	Learjet 36	LEAR35
LEAR55	Learjet 55	LEAR35
M20J	Mooney 201LM and 205 (M20J)	GASEPV
M20K	Mooney 252TSE (M20K)	GASEPV
M20L	Mooney Pegasus (M20L)	GASEPV
MB339C	Aermacchi M.B. 339-C	A7D
MD80	McDonnell-Douglas MD80	MD81
MD87	McDonnell-Douglas MD87	MD81
MD88	McDonnell-Douglas MD88	MD83
MD8819	MD88 w/JT8D-119	MD81
MD90	McDonnell-Douglas MD90	MD83
MU2	Mitsubishi MU-2	DHC6
MU300	Mitsubishi Diamond MU-300	CNA500
NRD262	Nord-Aviation NORD-262	SD330
P3	US Navy Lockheed Orion	L188
PA18	Piper PA-18 Super Cub	GASEPF
PA22CO	Piper PA-22 Colt	GASEPF
PA22TR	Piper PA-22 Tripacer	GASEPF
PA23AP	Piper PA-23-235 Apache	BEC58P
PA23AZ	Piper PA-23 Aztec	BEC58P
PA24	Piper PA-24 Comanche	GASEPF
PA25	Piper PA-25 Pawnee	GASEPV
PA28AR	Piper PA-28-181 Archer II	GASEPF
PA28C2	Piper PA-28-235E Cherokee 235E	GASEPV
PA28CA	Piper PA-28R-200 Cherokee Arrow II	GASEPV
PA28CC	Piper PA-28-180 Cherokee Challenger	GASEPF
PA28CH	Piper PA-28-140 Cherokee 140	GASEPF
PA28DK	Piper PA-28-236 Dakota	GASEPF
PA28WA	Piper PA-28-161 Warrior II	GASEPF

Aeronaves	Descrição	Equivalência
PA30	Piper PA-30 Twin Comanche	BEC58P
PA31	Piper PA-31 Navajo	BEC58P
PA31CH	Piper PA-31-350 Chieftain	BEC58P
PA31T	Piper PA-31T Cheyenne	CNA441
PA32C6	Piper PA-32 Cherokee Six	GASEPV
PA32LA	Piper PA-32R-300 Lance	GASEPV
PA32SG	Piper PA-32 Saratoga	GASEPV
PA34	Piper PA-34 Seneca	BEC58P
PA38	Piper PA-38-112 Tomahawk	GASEPF
PA39	Piper PA-39 Twin Comanche C/R	BEC58P
PA42	Piper PA-42 Cheyenne III	CNA441
PA46	Piper PA-46 Malibu	GASEPV
PA61	Piper PA-61 Aerostar Model 601	BEC58P
PC6	Pilatus PC-6	GASEPV
RWCM12	Rockwell Commander 112 (Alpine)	GASEPF
RWCM14	Rockwell Commander 114 (Gram Turismo)	GASEPV
RWCM50	Rockwell Shrike Commander 500S	BEC58P
RWCM69	Rockwell Turbo Commander 690	CNA441
S3	US Navy Viking (Lockheed)	A7D
S212	Siai Marchetti S212	CNA500
SABR40	Sabreliner 40	LEAR25
SABR60	Sabreliner 60	LEAR25
SABR70	Sabreliner 70	LEAR25
SABR75	Sabreliner 75	LEAR25
SABR65	Sabreliner 65	LEAR35
SAMER2	Swearingen Merlin II	CNA441
SAMER3	Swearingen Merlin III	CNA441
SAMER4	Swearingen Merlin IV	DHC6
SA226	Swearingen Metro II	DHC6
SA227	Swearingen Metro III	DHC6
SE210	Aerospatiale Caravelle	737

Aeronaves	Descrição	Equivalência
SF260M	Siai Marchetti SF260M	GASEPV
SN600	Aerospatiale SN 600 Corvette	CNA500
T2	US Navy North American Buckeye	A7D
T2C	US Navy T-2C Buckeye	A7D
TA4	US Navy Skyhawk (two seat trainer)	A7D
T33	USAF Lockheed Shooting Star (Trainer)	A7D
T37	USAF Cessna T37 or 318	LEAR25
T38	USAF Northrop T38	LEAR25
T43A	USAF 737-200	737
T47A	US Navy Cessna Citation S/II	CNA500
TAYF19	Taylorcraft Sportsman 100 (F19)	GASEPF
TED600	Ted Smith Aerostar 600	GASEPF
TU134	Tupolev-134	737QN
TU154	Tupolev-154	727D17
TU204	Tupolev-204	757RR
TU334	Tupolev-334	F10065
U3	USAF Cessna Model 310	BEC58P
UV18	US Military DHC-6 Twin Otter	DHC6
VC2	Vickers VC2 Viscount	L188
VC10TJ	Vickers VC10 TurboJet	DC820
VC10TF	Vickers VC10 TurboFan	707
YS11	Nihon Aeroplane (NAMC) YS-11	HS748A
YS11C	Nihon Aeroplane (NAMC) YS-11 Cargo	HS748A
RJ70	RJ70	BAE146
MD95	McDonnell Douglas MD-95	MD81
737700	Boeing 737-700	737400
737800	Boeing 737-800	737400
SAAB20	SAAB 2000	HS748A
BAEJ41	British Aerospace Bae Jetstream 41	SF340
AC50	Commander 500	BEC58P
AC56	Commander 560	BEC58P

Aeronaves	Descrição	Equivalência
AC69	Jet Prop Commander	CNA441
AC95	Aero Commander 695	CNA441
BEC100	Beech King Air 100	CNA441
BEC190	Beech 1900	DHC6
BEC200	Beech Super King Air 200	DHC6
BEC24	Beechcraft Model 24 Sierra	GASEPF
BEC300	Beech Super King Air 300	DHC6
BEC30B	Beech Super King Air 300B	DHC6
BEC90	Beech King Air C90	BEC58P
BEC99	Beech Airliner Model 99	DHC6
BEC9F	Beech F90 Super King Air	CNA441
BL14	Bellanca Cruisair	GASEPF
BL26	Bellanca Super Viking Model 17-30A	GASEPF
BLCH10	Bellanca Champion Citabria CH10	GASEPF
C26	Military Metro/Merlin	DHC6
C45	Military Twin beech 18	CNA441
CNA152	Cessna 152	GASEPF
CNA170	Cessna 170	GASEPF
CNA182	Cessna 182 Skylane	GASEPV
CNA205	Cessna 205 Super Skywagon	GASEPF
CNA207	Cessna 207 Turbo Stationair	GASEPV
CNA208	Cessna 208 Caravan I	GASEPF
CNA210	Cessna 210 Centurion/II	GASEPF
CNA300	Cessna 300	CNA441
CNA303	Cessna 303 Crusader	BEC58P
CNA320	Cessna 320 Skynight	BEC58P
CNA335	Cessna 335	BEC58P
CNA336	Cessna 336 Skymaster	BEC58P
CNA337	Cessna 337 Super Skymaster	BEC58P
CNA404	Cessna 404 Titan	BEC58P
CNA414	Cessna 414 Chancellor	BEC58P

Aeronaves	Descrição	Equivalência
CNA425	Cessna 425 Corsair/Conquest I	BEC58P
CNA560	Cessna 560 Citation V	MU3001
EMB120	Embraer Bandeirante 120	DHC8
F10	Douglas Skyknight	LEAR25
F90	Beech Super King Air	CNA441
GC1	Vought Swift	GASEPF
GULFCO	Gulfstream Commander	CNA441
IA1124	IAI 1124 Westwind	IA1125
LA42	Lake LA-4-200 Buccaneer	GASEPF
N24	Gov. Aircraft Factories N24	CNA441
OV1	Grumman Mohawk OV-1	DHC6
PA17	Piper PA-17 Vagabond	GASEPF
PA36	Piper 36 Brave	BEC58P
PA44	Piper 44 Seminole	BEC58P
PA60	Piper Aerostar Model 600/700	BEC58P
RWCMTH	Rockwell Thrust Commander (SR2)	GASEPV
SD360	Shorts 360	SD330
YAK42	Yakolev Yak-42	727100
737222	Boeing 737-222	737QN
737600	Boeing 737-600	7373B2
747122	Boeing 747-122	74720A
767400	Boeing 767-400	767300
A319	Airbus A-319	A320
A321	Airbus A-321	A320
BEC20A	Beech Starship 2000	SD330
CNV240	Convair 240	DC3
EMB135	Embraer EMB-135	CL600
FAL20A	Falcon 2000	CL600
GSPORT	Great Lakes Sport	GASEPF
LEAR45	Learjet 45	LEAR35
LEAR60	Learjet 60	LEAR35

Aeronaves	Descrição	Equivalência
LOADMS	Ayres LoadMaster	SD330
PITTS1	Pitts S-1 Special	GASEPF
S2	Grumman S-2 Tracker	DC3
CNA525	Cessna Citation Jet	CNA500
CNA750	Cessna Citation X	CL600
DALPHA	Dassault Alpha Jet	FAL20

ANEXO 4
Lista dos Planos Específicos de Zoneamento de Ruído

SIGLA	NOME DO AEROPORTO	CIDADE	UF	COMAR	PORTARIA
SBHT	ALTAMIRA	ALTAMIRA	PA	I	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO I
SBAR	ARACAJU	ARACAJU	SE	II	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXII
SBAU	ARAÇATUBA	ARAÇATUBA	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XVII
SBAQ	ARARAQUARA	ARARAQUARA	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XVIII
SBAS	ASSIS	ASSIS	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 MAIO DE 1984 - ANEXO XIX
SBBT	BARRETOS	BARRETOS	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXI
SBBU	BAURU	BAURU	SP	IV	572/DGAC, DE 25 DE NOVEMBRO DE 1994
SBBE	INTERNACIONAL DE BELÉM	BELÉM	PA	I	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXXX
SBCF	TANCREDO NEVES	BELO HORIZONTE	MG	III	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXIII
SBBV	INTERNACIONAL BOA VISTA	BOA VISTA	RR	VII	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXIV
SDBK	BOTUCATU	BOTUCATU	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXII
SDBP	BRAGANÇA PAULISTA	BRAGANÇA PAULISTA	SP	IV	154/GM-5, DE 29 DE FEVEREIRO DE 1988
SBBR	INTERNACIONAL DE BRASÍLIA	BRASÍLIA	DF	VI	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXXXVI
SBKG	PRESIDENTE JOÃO SUASSUNA	CAMPINA GRANDE	PB	II	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO VI

SIGLA	NOME DO AEROPORTO	CIDADE	UF	COMAR	PORTARIA
SBKP	INTER. DE CAMPINAS(VIRACOPOS) CAMPINAS		SP	IV	102/DGAC, DE 05 DE MARÇO DE 1999
SBCG	CAMPO GRANDE	CAMPO GRANDE	MT	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXV
SBCO	PORTO ALEGRE	CANOAS	RS	V	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LV
SBCA	CASCAVEL	CASCAVEL	PR	V	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XLVIII
SDCD	CATANDUVA	CATANDUVA	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXIV
SNDA	COLATINA	COLATINA	ES	III	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XII
SBCR	CORUMBÁ	CORUMBÁ	MT	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXV
SBCZ	INTER. DE CRUZEIRO DO SUL	CRUZEIRO DO SUL	AC	VII	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LVII
SBCY	MARECHAL RONDON	CUIABÁ	MT	VI	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXVI
SBBI	CURITIBA (BACACHERI)	CURITIBA	PR	V	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XLIX
SBCT	CURITIBA (AFONSO PENA)	CURITIBA	PR	V	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXVII
SDDR	DRACENA	DRACENA	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXVI
SBFN	FERNANDO DE NORONHA	FERNANDO DE NORONHA	FN	II	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO VII
SBFL	HERCÍLIO LUZ	FLORIANÓPOLIS	SC	V	669/DGAC, DE 27 DE DEZEMBRO DE 1994
SBFZ	PINTO MARTINS	FORTALEZA	CE	II	1.053/DGAC, DE 31 DE DEZEMBRO DE 1997
SBFI	INTER. FOZ DO IGUAÇU	FOZ DO IGUAÇU	PR	V	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXIX
SBFC	FRANCA	FRANCA	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXVII

SIGLA	NOME DO AEROPORTO	CIDADE	UF	COMAR	PORTARIA
SBGO	GOIÂNIA (SANTA GENOVEVA)	GOIÂNIA	GO	VI	071/DGAC, DE 05 DE MARÇO DE 1992
SBGW	GUARATINGUETÁ	GUARATINGUETÁ	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXVIII
SDIG	IBITINGA	IBITINGA	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXIX
SBIL	ILHÉUS	ILHÉUS	BA	II	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXXI
SBIZ	IMPERATRIZ	IMPERATRIZ	MA	I	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO II
SNHA	ITABUNA	ITABUNA	BA	II	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO VIII
SDIM	ITANHAÉM	ITANHAÉM	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXX
SDYW	ITAPEVA	ITAPEVA	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXXI
SNYB	ITUIUTABA	ITUIUTABA	MG	III	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XIII
SNJK	JEQUIÉ	JEQUIÉ	BA	II	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO IX
SBJP	JOÃO PESSOA	JOÃO PESSOA	PB	II	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO X
SDJD	JUNDIAÍ	JUNDIAÍ	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXXII
SBLN	LINS	LINS	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXXIII
SBLO	LONDRINA	LONDRINA	PR	V	538/GM-5, DE 07 DE AGOSTO DE 1989
SBMQ	MACAPÁ	MACAPÁ	AP	I	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO III
SBMO	CAMPOS DOS PALMARES	MACEIÓ	AL	II	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXXII
SBMN	PONTA PELADA	MANAUS	AM	VII	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LVIII

SIGLA	NOME DO AEROPORTO	CIDADE	UF	COMAR	PORTARIA
SBEG	INTER. EDUARDO GOMES	MANAUS	AM	VII	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXXII
SBMA	MARABÁ	MARABÁ	PA	I	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO IV
SBML	MARÍLIA	MARÍLIA	SP	IV	416/DGAC, DE 23 DE NOVEMBRO DE 1990
SBMG	MARINGÁ	MARINGÁ	PR	V	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LII
SBMK	MONTES CLAROS	MONTES CLAROS	MG	III	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XIV
SBNT	AUGUSTO SEVERO	NATAL	RN	II	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXXXV
SBNF	NAVEGANTES	NAVEGANTES	SC	V	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LI
SDOU	OURINHOS	OURINHOS	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXXV
SSPS	PALMAS	PALMAS	TO	VI	147/DGAC, DE 11 DE MARÇO DE 1997
SBPF	LAURO KURTZ	PASSO FUNDO	RS	V	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LIII
SBUF	PAULO AFONSO	PAULO AFONSO	BA	II	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XI
SBPK	PELOTAS	PELOTAS	RS	V	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LIV
SBPA	INTER. SALGADO FILHO	PORTO ALEGRE	RS	V	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXXIV
SBPV	PORTO VELHO	PORTO VELHO	RO	VII	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXXVIII
SBDN	PRESIDENTE PRUDENTE	PRESIDENTE PRUDENTE	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXXVI
SBRF	GUARARAPES	RECIFE	PE	II	232/DGAC, DE 14 DE ABRIL DE 1997

SIGLA	NOME DO AEROPORTO	CIDADE	UF	COMAR	PORTARIA
SSRI	REGISTRO	REGISTRO	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXXVII
SBRP	RIBEIRÃO PRETO	RIBEIRÃO PRETO	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXXVIII
SBRB	INTER. DE RIO BRANCO	RIO BRANCO	AC	VII	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LIX
SBGL	RIO DE JANEIRO	RIO DE JANEIRO	RJ	III	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXXXVIII
SBRJ	RIO DE JANEIRO	RIO DE JANEIRO	RJ	III	571/DGAC, DE 25 DE NOVEMBRO DE 1994
SBSR	S. J. DO RIO PRETO	S. J. DO RIO PRETO	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XXXIX
SBSJ	S.J. DOS CAMPOS	S.J. DOS CAMPOS	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XL
SBSV	INTERNACIONAL DOIS DE JULHO	SALVADOR	BA	II	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXXV
SBSM	SANTA MARIA	SANTA MARIA	RS	V	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LVI
SBSN	SANTARÉM	SANTARÉM	PA	I	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXXVI
SBSL	MARECHAL DE CUNHA MACHADO SÃO LUÍS		MA	I	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXXXIII
SDNO	SÃO MANUEL	SÃO MANUEL	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XLI
SBSP	INTER. SÃO PAULO(CONGONHAS)	SÃO PAULO	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXXXIX

SIGLA	NOME DO AEROPORTO	CIDADE	UF	COMAR	PORTARIA
SBMT	CAMPO DE MARTE	SÃO PAULO	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XLII
SBGR	INTER. SÃO PAULO(GUARULHOS)	SÃO PAULO	SP	IV	479/DGAC, DE 07 DE DEZEMBRO DE 1992
SDCO	SOROCABA	SOROCABA	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XLIII
SBTT	INTER. DE TABATINGA	TABATINGA	AM	VII	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LX
SBTF	INTER. DE TEFÉ	TEFÉ	AM	VII	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXI
SBTE	TERESINA	TERESINA	PI	II	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO LXXVII
SBTU	TUCURUÍ	TUCURUÍ	PA	I	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO V
SDTP	TUPÃ	TUPÃ	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XLIV
SDUB	UBATUBA	UBATUBA	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XLV
SBUR	UBERABA	UBERABA	MG	III	490/DGAC, DE 06 DE SETEMBRO DE 1996 DOV16/01/97
SBUL	UBERLÂNDIA	UBERLÂNDIA	MG	III	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XVI
SBUP	URUBUPUNGÁ	URUBUPUNGÁ	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XLVI
SBVT	VITÓRIA (GOIABEIRAS)	VITÓRIA	ES	III	070/DGAC, DE 05 DE MARÇO DE 1992
SDVG	VOTUPORANGÁ	VOTUPORANGÁ	SP	IV	0629/GM-5, DE 02 DE MAIO DE 1984 - ANEXO XLVII