



**Universidade Federal  
do Rio de Janeiro**  
**Escola Politécnica**

**ELABORAÇÃO DE NOVAS CURVAS PARA O ZONEAMENTO DE RUÍDO, SEGUNDO  
O RBAC 161, E ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ENTORNO DO  
AEROPORTO INTERNACIONAL DE ARACAJÚ**

Marcos Roberto de Miranda Pereira

Projeto de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Jules Ghislain Slama

Rio de Janeiro

Agosto de 2013



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

Departamento de Engenharia Mecânica

DEM/POLI/UFRJ



**ELABORAÇÃO DE NOVAS CURVAS PARA O ZONEAMENTO DE RUÍDO,  
SEGUNDO O RBAC 161, E ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO  
ENTORNO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE ARACAJÚ**

Marcos Roberto de Miranda Pereira

PROJETO FINAL SUBMETIDO AO CORPO DOCENTE DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO MECÂNICO.

Aprovado por:

---

Prof. Jules Ghislain Slama, D.Sc.

---

Prof. Thiago Gamboa Ritto, D.Sc.

---

Prof. Antônio Carlos Marques Alvim, PhD.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO de 2013

Pereira, Marcos Roberto de Miranda

Elaboração de Novas Curvas para o Zoneamento de Ruído, segundo o RBAC 161, e Análise do Uso e Ocupação do Solo no Entorno do Aeroporto Internacional de Aracajú / Marcos Roberto de Miranda Pereira – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013.

XI, 94 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Jules Ghislain Slama, DSc.

Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Mecânica, 2013.

Referências Bibliográficas: p. 95-96.

1. Plano Específico de Zoneamento de Ruído. 2. Curvas de Ruído. 3 Usos compatíveis do solo. I. Slama, Jules Ghislain. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Mecânica. III. Título.

Resumo do Projeto de Graduação apresentado à Escola Politécnica/ UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção de grau de Engenheiro Mecânico.

ELABORAÇÃO DE NOVAS CURVAS PARA O ZONEAMENTO DE RUÍDO,  
SEGUNDO O RBAC 161, E ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO  
ENTORNO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE ARACAJÚ

Marcos Roberto de Miranda Pereira

Agosto/2013

Orientador: Jules Ghislain Slama, D.Sc.

Curso: Engenharia Mecânica

Com o grande fenômeno de globalização cada vez mais forte em nossas vidas, a mobilidade é cada vez mais desejada e necessária. Dessa maneira, os meios de transporte são bastante demandados e vêm sendo aperfeiçoados para atender a tal demanda. Este trabalho trata particularmente do transporte aéreo e os impactos ambientais causados pelo ruído aeroportuário, falando desde a tecnologia de aeronaves e sua evolução na tentativa de mitigar o ruído gerado, passando pelo estudo do ruído, suas métricas e a legislação aplicável, até um estudo de caso no qual todo esse embasamento teórico foi aplicado para análise. O trabalho apresenta um zoneamento do ruído no entorno do aeroporto de Aracajú, segundo a metodologia do RBAC 161, baseado em simulação computacional assim como medidas de nível de ruído locais baseadas nas métricas adequadas e análise das ocupações do entorno segundo as normas ABNT NBR 10.151, 10.152 e o RBAC161 e avalia a compatibilidade do uso do solo.

*Palavras Chave:* Aeroportos, Curvas de Ruído, Plano Específico de Zoneamento de Ruído, Simulação Computacional INM, RBAC 161, ABNT NBR 10.151, ABNT NBR 10.152.

Abstract of Undergraduate Project presented to POLI/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Engineer.

DEVELOPMENT OF NEW CURVES FOR ZONING OF NOISE BY RBAC 161, AND  
ANALYSIS OF THE USE AND OCCUPANCY IN SOIL AROUND THE  
INTERNATIONAL AIRPORT ARACAJÚ

Marcos Roberto de Miranda Pereira

August/2013

Advisor: Jules Ghislain Slama, D.Sc.

Course: Mechanical Engineering

With the great phenomenon of globalization strongly increasing in our lives, mobility is increasingly desired and necessary. Thus, the means of transport are very demanded and are being improved to meet such demand. This paper deals particularly air transport and environmental impacts of airport noise, speaking from the aircraft technology and its evolution in an attempt to mitigate the noise generated through the study of noise, their metrics and applicable law, to a case study in which all this was applied to theoretical analysis. The work presents a noise zoning around the airport of Aracaju, according to the methodology of RBAC 161, based on computer simulation as well as measures of local noise level based on appropriate metrics and analysis of the occupations of the surroundings according to ABNT NBR 10.151, 10.152 and RBAC161, and evaluates the compatibility of land use .

*Keywords: Airports, Noise Curves, Specific Plan Zoning Noise, Computational Simulation INM, RBAC161 , ABNT NBR 10.151, 10.152.*

A DEUS,

Por ter me permitido esta conquista.

Aos meus pais Vera Maria de Miranda e Alexandre Pereira por terem me oferecido os meios  
para esta e outras vitórias

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Jules Ghislain Slama, meu orientador, pela oportunidade de conviver no laboratório e poder aprender um pouco sobre o estudo do ruído aeroportuário e também pela boa receptividade e orientações durante o curso.

Agradeço a alguns professores que forneceram suporte e atenção diferenciados ao longo do curso. Agradecimento especial ao Tito, funcionário da secretaria de graduação da engenharia mecânica e ao meu amigo Luís Friaes funcionário da sessão de ensino.

A todos os colegas do LAVI, sem a ajuda dos quais seria muito mais difícil a realização deste trabalho.

A todos os colegas e amigos que fiz durante esse período da graduação, pelos bons momentos entre dias e noites de muito estudo. Agradeço especialmente aos amigos: Jorge Dario Filho, Isaac Soares, Igor Oliveira, Iuri Rossi, Rafael Agresta e Diego Fontes

À minha namorada Heloisa Neves pelo apoio incondicional em todos os momentos de alegrias e dificuldades desde sempre.

À minha Mae Vera Maria de Miranda, a qual sempre me apoiou e se dedicou para me ajudar em todas as batalhas e a quem dedico todas as vitórias da minha vida.

Ao meu pai Alexandre Pereira, que sempre me ensinou tudo do melhor que podia e sempre procurou me oferecer as melhores condições de vida e ao qual dedico todas as vitórias também.

## Sumário

<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 - Considerações sobre transporte.....	1
1.2 - Objetivo.....	6
<b>2- RUÍDOS.....</b>	<b>8</b>
2.1 - Som e algumas definições relacionadas:.....	8
2.1.1 Amplitude (A): .....	8
2.1.2 Frequência (f): .....	9
2.1.3 Período (T):.....	9
2.1.4 Velocidade de propagação(v): .....	9
2.1.5 Comprimento de onda ( $\lambda$ ): .....	9
2.1.6 Potência Sonora (P): .....	10
2.1.7 Intensidade Sonora (I): .....	10
2.1.8 Timbre: .....	10
2.2 – Percepção do estímulo e o decibel (dB) .....	11
2.3 – Curvas de ponderação .....	14
<b>3- TIPOS DE RUÍDOS .....</b>	<b>17</b>
3.1 - Ruídos contínuos:.....	17
3.2 - Ruídos Flutuantes: .....	17
3.3 - Ruídos Impulsivos ou de Impacto: .....	18
<b>4- RUÍDO AERONAUTICO .....</b>	<b>20</b>
4.1 - Ruído aerodinâmico .....	20
4.2 - Ruído de propulsão .....	21
<b>5 - MÉTRICAS DO RUÍDO .....</b>	<b>23</b>
5.1- Nível Sonoro Contínuo Equivalente - Leq.....	23
5.1.1 $L_{eqA}$ – Nível Equivalente de Pressão Sonora Ponderado em A .....	24
5.1.2 $L_{ra}$ - Nível Equivalente de Ruído Ambiente .....	24
5.1.3 LDN ou DNL – Day-Night Level.....	25
5.2 - SEL – Sound Exposure Level (Nível de Exposição Sonora).....	25
<b>6- RUÍDO E SOCIEDADE .....</b>	<b>27</b>
6.1- As Curvas Isofônicas .....	27
6.2- Plano de Zoenamento de Ruído Aeroportuário .....	29

6.3 - Relação entre o ruído e o número de incomodados .....	32
6.4 - Environmental Protection Agency (EPA).....	35
<b>7 - ESTUDO DO RUÍDO NO BRASIL E O IPR.....</b>	<b>37</b>
<b>8 - RUÍDO E LEGISLAÇÃO.....</b>	<b>40</b>
8.1 Monitoramento do Ruído e Gestão do Uso do Solo.....	40
8.2 – A NBR 10151.....	41
8.3 - A NBR 10.152 .....	42
8.4 – Regulamentos Brasileiros de Aviação Civil – RBAC.....	44
8.5 – Classificação de aeronaves segundo a ICAO .....	49
<b>9 - O MÉTODO DA “ABORDAGEM EQUILIBRADA” NA MITIGAÇÃO DO IMPACTO DO RUÍDO.....</b>	<b>52</b>
9.1 - Atenuação do ruído na fonte .....	53
9.2 - Planejamento e uso do solo.....	55
9.3- Procedimentos Operacionais.....	57
9.4- Restrições Operacionais.....	58
<b>10 - GESTÃO DO USO DO SOLO E O PROBLEMA DO “ENCROACHMENT” .....</b>	<b>61</b>
<b>11 - ESTUDO DE CASO: AEROPORTO INTERNACIONAL DE ARACAJÚ.....</b>	<b>74</b>
11.1 - O Aeroporto Internacional de Aracajú.....	74
11.2 – Informações técnicas atuais.....	77
11.3 - Ferramenta aplicada: <i>Integrated Noise Model</i> – INM .....	79
11.4 - Plano de Zoneamento do Ruído do Aeroporto Internacional de Aracajú – PEZR SBAR .....	81
<b>12 - ANÁLISE DE PONTOS CRÍTICOS NO ENTORNO DO AEROPORTO.....</b>	<b>84</b>
12.1 – receptor crítico 1 (p1): Faculdade Atlantico .....	85
12.2 – receptor crítico 3 (p3): Pousada Nuance .....	86
12.3 – receptor crítico 6 (P6): Condomínio Estrela do Mar.....	87
12.4 – receptor crítico 7 (p7): Condomínio Residencial Costa Azul .....	88
12.5 – receptor crítico 8 (p8): Apart Hotel Residence .....	89
12.6 – receptor crítico 9 (p9): Pousada Atalaia.....	90
12.7 – receptor crítico 10 (p10): Cemitério Helena Alves Bandeira.....	91
<b>13 – CONCLUSÃO .....</b>	<b>93</b>
<b>14 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>95</b>

ANEXO A .....	97
ANEXO B .....	103

## **LISTA DE ABREVIACÕES**

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas Técnicas

**ASA** - Área de Segurança Aeroportuária

**COMAR** - Comando Aéreo Regional

**CONAMA** - Conselho Nacional do Meio Ambiente

**DAC** - Departamento de Aviação Civil

**dB(A)** – Decibel ponderado na curva A

**DECEA** - Departamento de Controle do Espaço Aéreo

**DGAC** - Diretor-Geral de Aviação Civil

**EPA** – Environmental Protection Agency

**EPNL** – Effective Perceived Noise Level

**FAA** – Federal Aviation Administration

**FICAN** - Federal Interagency Committee on Aviation Noise

**GPS** - Global Position System

**GERA** – Grupo de Estudo de Ruídos Aeroportuários

**IAC** - Instituto de Aviação Civil

**ICAO** - International Civil Aviation Organization

**ICAO** – International Civil Aviation Organization

**INFRAERO** – Empresa de Infraestrutura Aeroportuária

**INM** – Integrated Noise Model

**IPR** – Índice Ponderado do Ruído

**LAVI** – Laboratório de Acústica e Vibrações da UFRJ

**LDN** – Day-Night Sound Level

**L<sub>eq</sub>** – Equivalent Sound Level

**L<sub>eqD</sub>** – Day Equivalent Sound level

**L<sub>eqN</sub>** – Night Equivalent Sound Level

**NBR** – Normas Brasileiras de Regulamentação

**NIS** – Nível de Intensidade Sonora

**NPS** – Nível de Pressão Sonora

**OACI** - Organização de Aviação Civil Internacional

**PBZPA** - Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromos

**PDIR** - Plano Diretor Aeroportuário

**PEZPA** - Plano Específico de Zona de Proteção de Aeródromos

**PEZR** - Plano Específico de Zoneamento de Ruído

**PNL** – Perceived Noise Level

**PZPA** -Plano de Zona de Proteção de Aeródromo

**PZR** - Plano de Zoneamento de Ruído

**RBHA** - Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica

**RIMA** - Relatório de Impacto Ambiental

**SAC** - Sistema de Aviação Civil

**SAE** – Society of Automotive Engineers

**SEL** – Sound Exposure Level

**SERAC** - Serviço Regional de Aviação Civil

**SERENG** - Serviço Regional de Engenharia

**SIE** - Subdepartamento de Infraestrutura

**SIL** – Sound Intensity Level

**SRPV** - Serviço Regional de Proteção ao Vôo

**WHO** – World Health Organizatio

**ZPA** - Zona de Proteção de Aeródromo

# 1 - INTRODUÇÃO

## 1.1 - CONSIDERAÇÕES SOBRE TRANSPORTE

A evolução tecnológica presente no mundo em que vivemos nos presenteia cada vez mais com facilidades que melhoram nossas vidas tanto no âmbito social quanto no profissional. A comunicação é facilitada, a mobilidade de pessoas é maior, procedimentos são realizados com muito mais rapidez, etc. Tudo isso faz com que as pessoas estejam mais em contato trocando, os encontros são possíveis independente da distância física, os produtos chegam mais rápido ao destino, as práticas comerciais são cada vez mais intensas, culminando no fenômeno que conhecemos como globalização.

E essa globalização assim como foi gerada pela evolução da tecnologia, ela mesma demanda mais avanços para que novas ideias sejam possibilitadas. Dentre essas demandas, uma que é de extrema importância é a do transporte. Com o mundo tendo uma população cada vez maior com mais pessoas economicamente ativas, essas pessoas que são as engrenagens da economia necessitam ter mobilidade em nível urbano, municipal, estadual e mundial. Nesse sentido, os esforços para otimização dessa mobilidade estão em inovações que permitam as pessoas chegarem ao local desejado com maior rapidez, conforto e segurança. Assim, observa-se construção de grandes pontes, túneis submersos, “trens balas” com alta tecnologia, aviões de grande porte, navios de grande porte, etc.

Sendo mais específico dentro do tema, podemos falar do transporte aéreo que é vital para todo esse processo. O avião permitiu deslocamento de pessoas (seres vivos) e cargas (mercadorias) através de grandes distâncias (a nível continental) em um tempo viável para suas atividades. Tanto viável quanto confortável. Através de aviões e/ou helicópteros executivos de diferentes países se reúnem para negócios internacionais, autoridades governamentais fecham

acordos e tomam decisões, profissionais especialistas prestam serviços em um raio de ação muito mais abrangente, tudo isso com uma maior rapidez em relação ao passado, sendo mais eficiente. E essa eficiência adquirida leva o avanço para um nível acima, causando um crescimento e esse setor vem sendo demandado ainda mais com estudos, análises e projetos de novas opções de pistas em aeroportos já existentes, assim como melhorias nos mesmos ou construção de novos aeroportos.

Em contrapartida, esse crescimento esperado com uma maior robustez dos sistemas de transportes, em particular o transporte aéreo deve ser conduzido com cautela, para que não se pague com outros tipos de problemas o custo dessa ampliação. Por exemplo, um dos possíveis problemas ocasionados pelo avanço tecnológico é o de impacto ambiental, que pode ser causado tanto na implementação (construção) da planta quanto na operação rotineira. Os rejeitos ou subprodutos da tecnologia podem causar um efeito negativo para o entorno e não é isso que se deseja. O que se busca é o chamado *Desenvolvimento Sustentável*, que é entendido como um crescimento que não gere consequências negativas e que possa ser mantido ao longo dos anos. Grandes plantas industriais com máquinas potentes podem gerar uma série de impactos no ambiente que geram consequências negativas para as vidas que as cercam.

Nesse contexto, pode-se dizer que no caso do transporte aéreo por aviões e helicópteros, o ruído gerado tanto pelas aeronaves quanto pela rotina do aeroporto (veículos prestadores de serviço de apoio à atividade aérea – APU – Auxiliary Power Unit / GPU – Ground Power Unit) é um problema para o entorno e de difícil resolução. *Um dos principais impactos ambientais provocados pela atividade aeroportuária é o ruído proveniente dos equipamentos no pátio dos aeroportos e das operações de aeronaves, como os procedimentos de aproximação, pouso, decolagem, taxiamento e testes de motores.* (INFRAERO, 2004). Esse tópico será abordado com mais detalhe no desenvolver do trabalho, apontando os focos do problema e os caminhos possíveis de tratamento. E esse impacto associado ao funcionamento do aeroporto tem

influência direta nos residentes do entorno, tanto de curto prazo (como prejuízo na comunicação) quanto de longo prazo como consequências psicológicas (stress, perda na qualidade do sono, etc.).

Logo, pode-se dizer que, de acordo com a linha do *Desenvolvimento Sustentável*, essa habitação no entorno do aeródromo merece atenção especial desde o ato de implementação do empreendimento até expansões futuras, seja essa habitação anterior à construção do aeroporto ou posterior (crescimento urbano no entorno). O tratamento desse tópico envolve várias partes tanto do setor privado como da administração pública, como será mostrado no presente trabalho, assim como o entendimento e análise do fenômeno chamado de “*encroachment*” que ocorre no entorno de aeroportos. De acordo com o CBA – Código Brasileiro de Aeronáutica, o uso e a ocupação do solo no sítio aeroportuário e no seu entorno é regido pela legislação aeronáutica relativa à zona de proteção e ruído vigente. O Plano Diretor do aeroporto, uma vez incorporado pelo município, torna viável a aplicação dessa lei e reduz o nível de impactos sobre a população no entorno.

Em nível mundial e atendendo a essa demanda, a expansão do transporte aéreo dependeu da conjunção de uma série de fatores. Após décadas de significativos avanços tecnológicos e organizacionais impulsionados pelo alto dinamismo e alta competitividade do mercado o transporte aéreo pode contar com tecnologias de ponta nas mais diversas áreas.

Nos últimos 50 anos pode-se citar:

- Termodinâmica aplicada aos motores (turbinas);
- Novos materiais utilizados na estrutura e componentes da aeronave;
- Tecnologia da informação e comunicação aplicada à cadeia produtiva do transporte aéreo;
- Técnicas de gestão de estoques e materiais aplicada à cadeia de serviços do transporte aéreo.

Dessa maneira, observamos um número crescente de movimentos aéreos em todo o mundo. Porém, como mencionado, do ponto de vista social e ambiental, os aeroportos causam sérios problemas para a população residente próximo a ele. Objetivando tratar desse assunto existem hoje vários instrumentos legais que controlam a forma de atuação dos aeroportos. Mesmo com a atuação desses, o uso do solo no entorno, por exemplo, não é feito de acordo com as atividades aeronáuticas estabelecidas, de forma que, o crescimento das áreas urbanas adjacentes aos aeroportos provoca a entrada de residências na zona impactada.

A relação da aviação com o meio ambiente e os impactos sofridos por este começou a despertar a atenção dos órgãos internacionais responsáveis em 1944 durante a Convenção de Aviação Civil Internacional de Chicago. Nesse período, o ruído das aeronaves, que era motivo de preocupação, era apenas causado pelas hélices dos motores. Preocupação essa que aumentou com a introdução da primeira geração de aeronaves movidas a reatores, no início dos anos 60. A partir de então, entrava-se no período de grandes evoluções na aviação o que faria surgir novas tecnologias e o aumento do volume de aeronaves e o número de serviços de transporte aéreo em todo o mundo. No Brasil, a norma escrita na Convenção de Chicago foi publicada e colocada em prática pelo Decreto nº 21713, de 27 de agosto de 1946.

O impacto ambiental causado pela aviação civil é decorrente da operação das aeronaves, assim como da construção e operação dos aeroportos, como mencionado anteriormente. Nesse sentido, a conjunção das consequências desse impacto com a ausência de um planejamento adequado da ocupação do entorno do aeródromo é a receita para se gerar, em médio e longo prazo, um conflito previsível entre essa ocupação e a atividade aeronáutica. (Damião e Rocha 1998)

Essa preocupação com o impacto de ruído tem levado alguns países a considerar a opção de proibir a operação de certas aeronaves ruidosas em seus aeroportos. Porém essa

decisão tem uma contrapartida financeira, já que atinge economicamente tanto empresas aéreas estabelecidas nos países que adotam essa medida, quanto às de outros países que prestam serviço para esse mercado, como por exemplo, fabricação dessas aeronaves.

Algumas alternativas a essa decisão de proibição, menos radicais, propõem, por exemplo, desenvolvimento de motores menos ruidosos ou equipamentos de atenuação de ruído. Mas esse tópico será melhor explorado no tipo de abordagem do problema da mitigação dos ruídos aeroportuários.

Nos EUA, os estudos com o ruído aeronáutico em aeroportos civis iniciaram-se na década de 60, quando as comunidades afetadas pressionaram as autoridades aeroportuárias a estabelecer restrições com relação ao ruído (ICAO, 1970). A FAA – Federal Aviation Administration publica “*Noise Abatement Policy of 1976*” e cria a lei que determina a Política de Redução de Ruído da Aviação e as responsabilidades compartilhadas para a redução desse ruído ao redor dos aeroportos. Após esse período, surgiram leis regulamentando fatores ligados ao ruído e atualmente a lei federal que forma a base para o controle do ruído aeronáutico e para o programa de compatibilidade de uso do solo, no país, é a elaborada pela *Federal Aviation Regulation - FAR* (FAA, 2004).

Segundo Souza (2004), a avaliação do impacto ambiental sonoro no Brasil, passou a ser exigido como parte integrante dos Estudos Prévios de Impacto Ambiental (EPIA) e também como instrumento de execução da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA).

Quanto ao volume de mercado, pode-se dizer que na Europa, por exemplo, a aviação é o meio de transporte de maior crescimento, com um aumento de 6% ao ano e com uma projeção de duplicação do tráfego aéreo em 2015. Já no Brasil, esse crescimento foi acerca de 8%. Esses números se traduzem em certa preocupação com relação ao aumento da área ou do volume de

operações de alguns dos principais aeroportos e o conseqüente impacto na malha urbana das cidades.

## 1.2 - OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é o de apresentar novas curvas para o Plano Específico de Zoneamento do Ruído – PEZR para o Aeroporto de Aracajú, no estado do Sergipe, através de geração de curvas de igual nível de ruído decrescentes, no entorno da pista do aeródromo, a partir do foco gerador do ruído, segundo metodologia do RBAC 161. Esse zoneamento é orientação do Comando de Aeronáutica, por meio da legislação competente e contribui para a ordenação e gerenciamento da ocupação do solo no entorno do aeroporto a fim de que não haja ocupações irregulares em zonas restritas e que os procedimentos operacionais não sejam ameaçados e que pessoas não sejam submetidas constantemente aos efeitos indesejáveis do ruído.

Essas curvas de níveis de ruído são geradas através de simulação baseada em todos os movimentos aeroportuários ocorridos no ano no aeródromo, nas 24 horas do dia e são simuladas no software *Integrated Noise Model* – INM. Paralelamente às curvas de ruído geradas pelo software, este também calcula o nível de ruído médio para pontos específicos do entorno, como por exemplo locais onde estejam localizados escolas, bibliotecas ou hospitais. Esses valores podem ser confrontados com o Regulamento RBAC 161 que orienta esse zoneamento de ruído assim como com as normas ABNT para ocupação do solo e conforto acústico da comunidade que utilizam uma metodologia diferenciada para o zoneamento urbano.

Essa análise começa com uma visão panorâmica do estudo do impacto ambiental provocado pelo cenário aeroportuário no mundo e no Brasil, passando por uma revisão dos conceitos de acústica básica (produção, transmissão e recepção do sinal acústico), métricas do

ruído, a legislação existente para o ruído, o conceito da Abordagem Equilibrada do problema do ruído aeroportuário, o gerenciamento do uso do solo no entorno de aeródromos até chegar no estudo de caso para o Aeroporto de Aracajú.

## 2- RUÍDOS

### 2.1 - SOM E ALGUMAS DEFINIÇÕES RELACIONADAS:

Por definição, o som é uma variação de pressão no meio que se propaga e é percebida pelo ouvido humano. Essa flutuação de pressão tem um valor mínimo o qual é percebido pelo homem que é chamada de limiar da audição. No outro extremo, existe um valor de variação que causa desconforto no ouvido que é chamado de limiar da dor.

Essa flutuação de pressão necessariamente tem que ocorrer em um meio material compressível e necessita também desse meio para se propagar através de uma onda de pressão a qual sensibilizará o ouvido humano. Essa propagação ocorre através da informação de compressão ou rarefação do meio que é passada adiante para partículas adjacentes e assim essa energia é transmitida e caminha a onda sonora. Quanto mais próximas as moléculas do material estão uma das outras melhor se dá a condução da energia sonora. Dessa maneira os sólidos transmitem o som melhor do que os líquidos que transmitem melhor do que os gases devido a esse arranjo molecular.

Baseado nesse conceito do som, existe uma definição que o acompanha, que é o do ruído. Segundo alguns autores, o ruído é da mesma forma uma onda sonora. Porém seria algo não harmonioso e agradável para o homem (“barulho”). Enquanto que o som, como por exemplo, música, seria alguma informação harmoniosa e agradável para os ouvidos.

Atrelado ao conceito de som estão várias definições. Em sendo uma onda (fenômeno de transporte de energia), o som possui propriedades como *amplitude*, *frequência*, *período*, *velocidade de propagação*, etc., que serão detalhadas a seguir:

2.1.1 Amplitude (A): é a medida do quanto a pressão variou em relação ao repouso ( $P_{atm}$ ), ou seja, é o tamanho da flutuação (seja compressão ou rarefação).

2.1.2 Frequência (f): como se trata de um fenômeno oscilatório (onda) a deformação do meio que dá origem a propagação (“informação”) se repete a cada intervalo de tempo. A frequência é o número de vezes que ocorre cada ciclo por intervalo de tempo. Por exemplo, o Hertz [Hz] é medido em ciclos por segundo. É uma propriedade dependente da fonte e não se modifica.

2.1.3 Período (T): é o intervalo de tempo no qual um ciclo é completado.

2.1.4 Velocidade de propagação(v): é a velocidade com a qual a onda caminha no meio. Essa propriedade depende das condições físicas do meio. Por exemplo, a velocidade de propagação do som no ar atmosférico nas condições ambientes de temperatura igual a 15°C é aproximadamente 340 m/s. Em outros meios com massas específicas diferentes ou temperaturas, por exemplo, têm-se valores diferentes.

Para o ar atmosférico, essa velocidade de propagação varia com a temperatura por exemplo. Tem-se que a equação que determina a velocidade do som no ar em função da temperatura é dada por:

$$C = C(0^{\circ}\text{C}) \times (1 + T[^{\circ}\text{C}] / 273,15)^{1/2}$$

Onde  $C(0^{\circ}\text{C})$  é 331,52 m/s (veloc. do som a 0°C).

2.1.5 Comprimento de onda ( $\lambda$ ): *é a medida da distância no espaço entre o início e o fim do ciclo de perturbação (compressão/rarefação).*

Todas essas propriedades podem ser ilustradas no caso da onda sonora plotando-se esses valores de pressões num gráfico de pressão x distância:

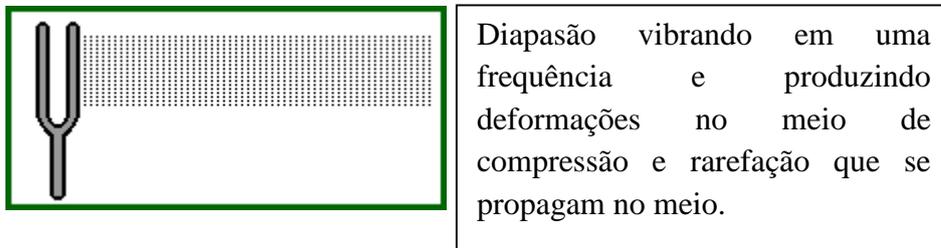


Figura 1: Produção do tom puro.  
Fonte: Site física e vestibular

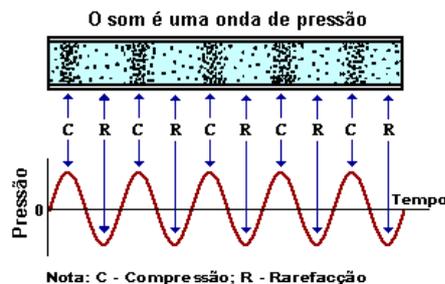


Figura 2: Compressão e rarefação  
Fonte: Site física e vestibular

Baseado nesses conceitos básicos de onda, vêm outras definições resultantes como:

2.1.6 Potência Sonora (P): é definida como a energia sonora produzida por unidade de tempo por uma fonte. Sua unidade é no S.I. o Watt [W].

2.1.7 Intensidade Sonora (I): é o fluxo de energia numa determinada direção, através de um elemento de superfície. Sua unidade no S.I. é Watt/m<sup>2</sup> [W/m<sup>2</sup>]

2.1.8 Timbre: é definido como o conjunto de frequências de um determinado som. Composto pela frequência fundamental e os harmônicos que a acompanham. Através dessa característica

é possível distinguir, por exemplo, uma determinada nota emitida por dois instrumentos diferentes.

## 2.2 – PERCEPÇÃO DO ESTÍMULO E O DECIBEL (DB)

Um fato interessante descoberto pela ciência envolve a percepção de estímulos pelo homem. Experiências demonstram que o ouvido humano, por exemplo, obedece a Lei de Weber de estímulo/sensação, ou seja, sensações como cor, som, odor, dor variam como o logaritmo dos estímulos que as produzem.

As grandezas acústicas variam em grandes proporções. O ouvido humano é capaz de detectar sons na faixa de frequência de 20 Hz a 20.000 Hz (faixa audível de frequência). Abaixo dessa faixa estão os chamados infrassons e acima estão os ultrassons.

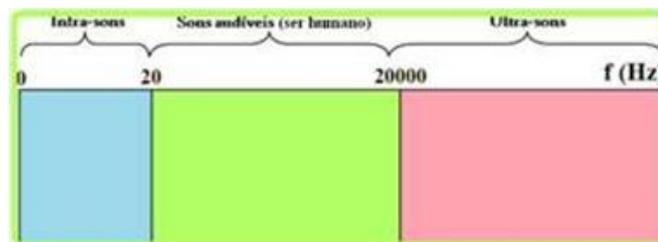


Figura 3:: Faixa audível de frequências  
Fonte: Site física e vestibular

Dentro dessa faixa audível demonstrou-se que o ouvido percebe as frequências de maneira não linear. Uma maneira de se entender esse comportamento é ver que o nosso ouvido percebe a frequência de 100 Hz da mesma maneira que percebe a de 200 Hz e a de 400 Hz, 800 Hz, e assim sucessivamente. Essas frequências múltiplas representarão o mesmo tom para o nosso ouvido. Portanto pela Lei de Weber, concluímos que o intervalo entre frequências não se mede pela diferença de frequências e sim pela relação entre elas. Dessa forma se define uma oitava como sendo o intervalo entre frequências cujo fator multiplicativo seja 2 (dobro) como

mostrado acima. Por essa razão as representações gráficas das frequências são feitas em escala logarítmica para se encaixem melhor com a nossa percepção.

Da mesma forma que com a frequência podemos citar esse mesmo raciocínio para a intensidade (que já foi definida anteriormente). Esta pode variar em escala milhões de milhões. Assim, partindo de um valor de referência para intensidade sonora e levando em conta a percepção do ouvido humano pode-se notar que conforme aumentamos a intensidade sonora o nosso ouvido fica cada vez menos sensível. Ou seja, precisamos aumentar de maneira exponencial para que a variação seja sentida. Por exemplo, se estamos escutando uma fonte que emite 10W de potência e aumentamos para 20W o som parecerá mais intenso. Agora se quisermos ter a mesma sensação de aumento teríamos que aumentar essa potência para 40W e depois para 80W e assim sucessivamente. Portanto usa-se uma escala logarítmica para intensidade da mesma forma que para frequência.

Logo, usando como referência o menor valor percebido para intensidade sonora  $10^{-16}$  W/cm<sup>2</sup> e utilizando, por exemplo, um fator multiplicativo de  $10^2$ , teríamos os valores de intensidade como mostrado na tabela:

Quadro 1: Fator de proporcionalidade da Escala

<b>Intensidade [W/m<sup>2</sup>]</b>	<b>Fator</b>
$10^{-8}$	
$10^{-10}$	$10^4$
$10^{-12}$	$10^2$

Para lidar com essa escala de forma mais agradável decidiu-se trabalhar com um valor representativo que seria um logaritmo da razão entre os valores, de maneira que o número que se observa seria o expoente do fator multiplicativo que daria uma ideia do aumento. Dessa maneira surgiu a escala Bel ou Decibel (décima parte do Bel).

$$\text{Valor em dB} = 10 \times \log_{10}(\text{Valor} / \text{Referência})$$

Para o caso da intensidade analisada, se tomarmos um caso em que temos  $10^{-8}$  W/m<sup>2</sup>, estamos falando de um fator de multiplicação de  $10^4$ . Isso medido em dB seria:

$$\text{NIS} = 10 \times \log (10^{-8} / 10^{-12}) = 40 \text{ dB}$$

\*NIS é o Nível de Intensidade Sonora que é medido de dB

\*I=  $10^{-12}$  W/ m<sup>2</sup> é a intensidade baseada no limiar para audição humana.

Dessa maneira agora podemos dizer que o valor medido está 80 dB acima do valor de referência, o que matematicamente se encaixa melhor com a interpretação humana do sinal. Da mesma forma se temos uma fonte com potência de 20W emitindo som e tomamos um valor de

intensidade medida no ambiente de 60dB. Se dobrarmos a potência da fonte (40W) passaremos a ter nível de intensidade medida de 63dB. Se dobrarmos novamente (80W) teremos um NIS de 66dB e assim por diante. Assim pode-se ver que dobrar a potência de uma fonte significa um acréscimo de 3dB no nível medido anteriormente.

### 2.3 – CURVAS DE PONDERAÇÃO.

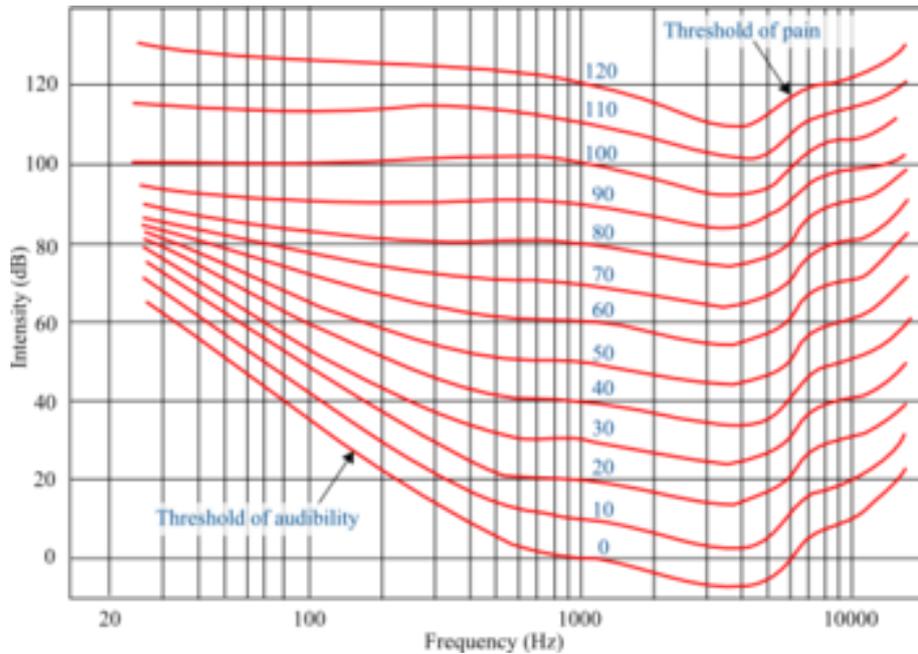
[dB(A) ; dB(B) ; dB(C) ; dB(D) ]

Baseado também na percepção humana do estímulo como do som, pelo homem, que se tornou necessário a utilização de métodos de representação numérica do ruído (dB) que associam o nível de ruído medido (nível real) em campo com o interpretado pelo ouvido humano. Dessa forma foram criadas as curvas de ponderação, que corrige na faixa de frequência o valor medido para o que é realmente sentido.

Isso ocorre porque a onda sonora que vem se propagando pelo meio até ser interpretada como som pelo cérebro precisa percorrer todo o processo de chegar ao ouvido, percorrer seu conduto e estruturas internas até virar um sinal elétrico que será sentido como som. Então, ocorre que nesse trajeto, a sensação do nível sonoro percebida não é idêntica ao nível emitido para todas as faixas de frequências audíveis. O nível de percepção para algumas frequências é atenuado e para outras é amplificado.

Assim com o objetivo de corrigir esse “erro” foram criados os chamados filtros de ponderação, que são ferramentas utilizadas para corrigir os valores medidos. São os filtros A, B, C e D, sendo que o filtro A é o mais utilizado por apresentar a melhor aproximação para a audição humana para o som. Já o filtro D foi concebido exclusivamente para uso aeronáutico. Dessa forma os níveis medidos nessa ponderação são apresentados como dB (A), dB(B), dB(C) e dB(D). Para um melhor entendimento de como o nosso ouvido interpreta as flutuações de

pressões originárias do som dentro da faixa de frequência audível, Fletcher e Munson desenvolveram um diagrama, na década de 30, que contém curvas isofônicas ajustadas de acordo com a nossa percepção.



**Figura 4: Diagrama de correlação de curvas isofônicas e percepção humana**  
**Fonte: Blackwaves's Blog**

Olhando para o gráfico, observa-se que para certas faixas de frequências nossa percepção é ampliada e para outras essa sensação é reduzida em relação ao nível medido verdadeiro (sem ponderação/compensação).

A figura a seguir mostra como as outras formas de compensação alteram as curvas de nível de ruído percebidas em relação ao valor de referência.

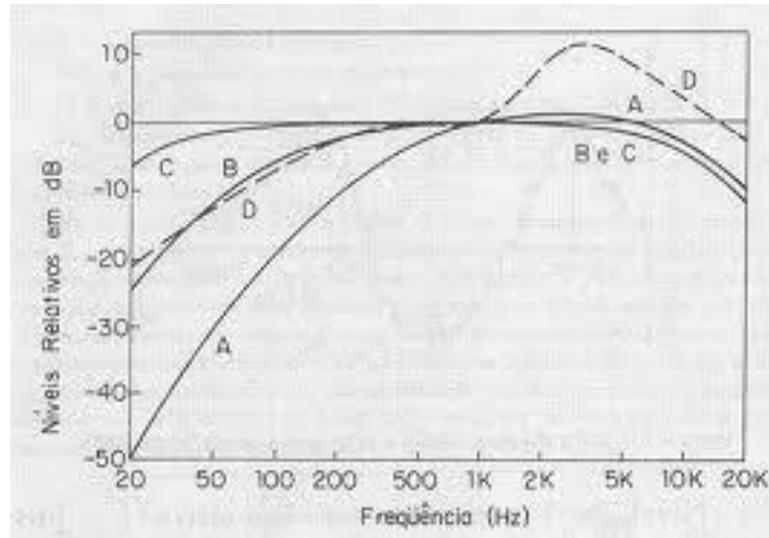


Figura 5: Curva de ponderação

Fonte: Site somaovivo

Para certas frequências observa-se ganho em dB, para outras observa-se perda.

### 3- TIPOS DE RUÍDOS

De forma geral, pode-se dividir os ruídos em 3 grupos: ruídos contínuos, ruídos flutuantes e ruídos impulsivos (de impacto).

3.1 - RUÍDOS CONTÍNUOS: são aqueles que apresentam uma variação de nível de intensidade ao longo do tempo muito pequena de forma que possam ser tomados como constante esse nível. São ruídos provenientes de máquinas como bombas de líquidos, motores elétricos, engrenagens, etc.

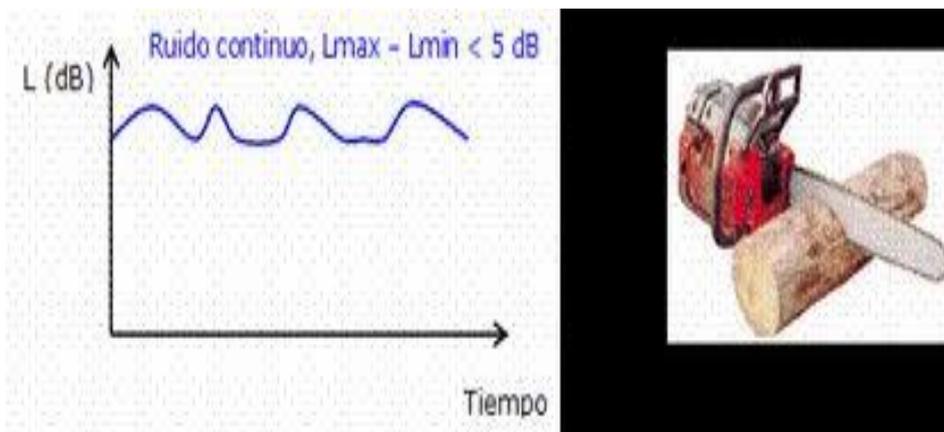


Figura 6: Gráfico de ruído contínuo encontrado em motores  
Fonte: GERA, 2012

3.2 - RUÍDOS FLUTUANTES: são os que apresentam grandes variações de nível de intensidade ao longo do tempo. São ruídos característicos de trabalhos manuais, trânsito de veículos, aviões, etc. São os ruídos mais comumente encontrados diariamente.



Figura 7 - Gráfico representando o ruído flutuante  
 Fonte: GERA, 2012

3.3 - RUÍDOS IMPULSIVOS OU DE IMPACTO: são aqueles que apresentam uma energia sonora concentrada num intervalo de tempo pequeno. Como o próprio nome diz, são representados como um impulso de intensidade sonora. São oriundos de explosões, impactos ou choques. Como exemplo pode-se citar sons de rebidadeiras, britadeiras, prensas, etc.

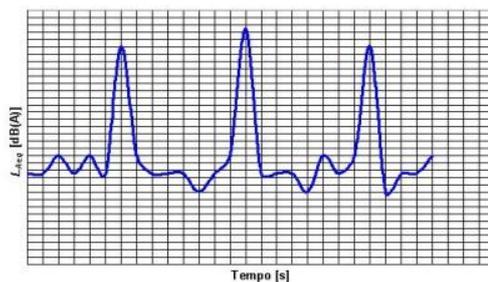


Figura 8 - Representação de ruído de impacto ou impulsivo  
 Fonte: GERA, 2012

Na figura, representações dos 3 tipos de ruídos:

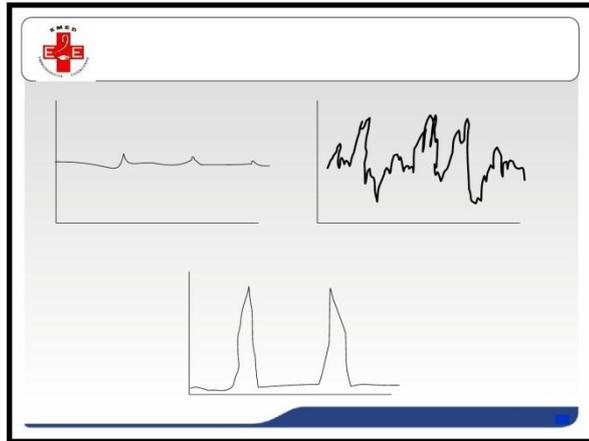


Figura 9 - Representação de ruído contínuo, flutuante e de impacto ou impulsivo  
Fonte: GERA, 2012

#### **4- RUÍDO AERONAUTICO**

No contexto de ruídos provocados pelo funcionamento de aeroportos estão todos esses tipos. A operação de máquinas gerando ruídos contínuos, movimentos de aeronaves gerando ruídos flutuantes e obras de manutenção, por exemplo, gerando os ruídos de impacto.

Dentro desse conjunto de geradores de ruídos, logicamente as fontes mais expressivas para esse caso são os ruídos aeronáuticos. São eles que fazem as zonas de intensidades classificadas do ruído (determinadas pelos Planos de Zoneamento do Ruído – PZR) abrangerem uma área grande no entorno do aeródromo. Como dito anteriormente, são oriundos de operações de pouso, decolagem, taxi e teste de motores.

Em se tratando da aeronave como fonte de ruído podemos dividi-lo em ruído de aerodinâmico e ruído de propulsão.

##### **4.1 - RUÍDO AERODINÂMICO**

O ruído aerodinâmico é todo aquele fruto da turbulência do escoamento de ar sobre a fuselagem da aeronave. Tomando o avião, como exemplo, que possui uma série de estruturas aerodinâmicas em sua fuselagem, como todas as partes móveis das asas, que servem para alterar sua forma e produzir efeitos de sustentação ou de arrasto otimizados ou os trens de pouso quando estão em uso. Todos esses elementos, uma vez que recebem um escoamento externo de ar durante o vôo provocam turbulência e produzem ruído. Durante o pouso a grande parte dos ruídos é de origem aerodinâmica, pois todas as partes móveis da asa entram em funcionamento para favorecer o aumento do arrasto produzindo um freio aerodinâmico (SOUZA, 2004).



Figura 10- Esquema demonstrativo das partes da fuselagem da aeronave  
Fonte: [www.asasdotocantins.blogspot.com](http://www.asasdotocantins.blogspot.com)

#### 4.2 - RUÍDO DE PROPULSÃO

Este se dá devido ao funcionamento dos motores, tanto pela parte da queima e escape do jato que ocorre quanto pelo movimento das partes mecânicas. Ele ocorre principalmente durante os movimentos de decolagem onde a potência requerida é maior. Por esse motivo durante a decolagem esses ruídos predominam aos ruídos aerodinâmicos.



Figura 11: Turbina  
Fonte: <[www.ping.blog.br](http://www.ping.blog.br)>

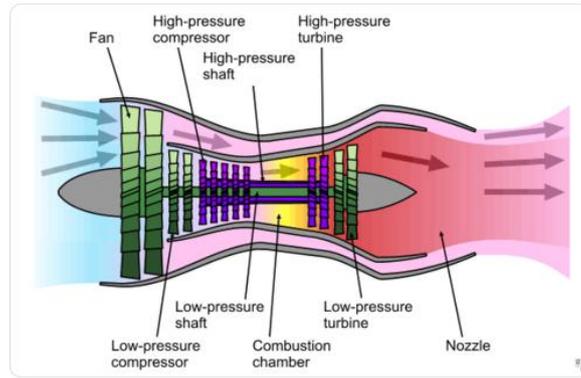


Figura 12 - Esquema de funcionamento de uma turbina do tipo Turbofan  
Fonte: <pt.wikipedia.org>

## 5 - MÉTRICAS DO RUÍDO

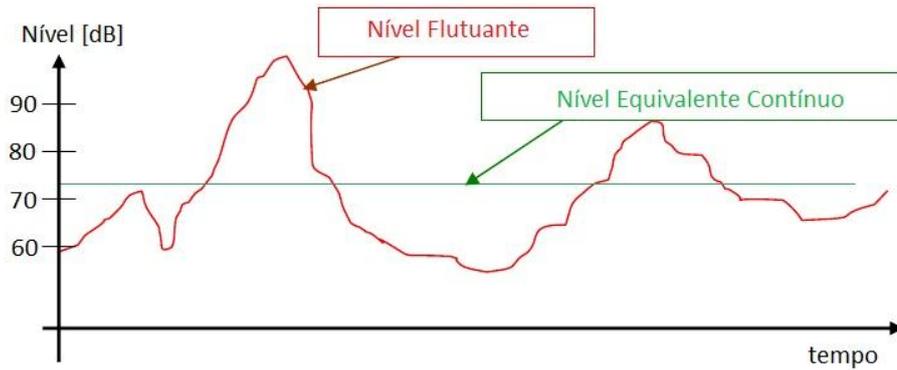
Existem diferentes maneiras de se realizar uma medição de um ruído. Dependendo do objetivo da investigação ou do tipo do ruído a ser estudado, alguns parâmetros podem ser modificados como o tempo de medição, o filtro de ponderação, o número de medições, etc. Cada método desse empregado recebe um nome particular e essas são chamadas de métricas do ruído.

Para se conseguir relacionar o ruído ao impacto que ele causa sobre a sociedade, a legislação brasileira adota determinadas métricas que quantificam de maneira mais adequada o nível sonoro. Dentre essas métricas estão o Nível Sonoro Contínuo Equivalente -  $L_{eq}$ , (*Equivalent Continuous Sound Level*), o Nível Sonoro Equivalente Dia-Noite -  $L_{DN}$  (*Day-Night Level*) e o Nível de Exposição Sonora - SEL (*Sound Exposure Level*).

### 5.1- NÍVEL SONORO CONTÍNUO EQUIVALENTE - LEQ

O  $L_{eq}$  representa o nível contínuo que gera a mesma quantidade de energia acústica durante um determinado intervalo de tempo de medição que o ruído variável averiguado. Essa medição leva em consideração que o dano/incômodo causado pelo ruído depende tanto do nível quanto da duração. Essa combinação revela a energia acústica total gerada. (NBR 10151).

Nesse método de medição, obtém-se um nível de ruído contínuo que produz a mesma energia acústica que os níveis flutuantes no mesmo intervalo de tempo. Essa equivalência assegura a precisão do método para avaliação dos efeitos do ruído sobre o aparelho auditivo, sendo adotado pela Norma ISO e muitas normas nacionais.



**Figura 13 - Nível equivalente de ruído – Leq**  
**Fonte: GERA, 2012**

Algumas variantes dessa medida podem ser tomadas, como:

#### 5.1.1 LeqA – Nível Equivalente de Pressão Sonora Ponderado em A

Particularmente o Nível de Pressão Sonoro Equivalente ponderado em A –  $L_{eq}(A)$  representa o nível equivalente de pressão tomadas com a ponderação A durante um intervalo de tempo. Matematicamente se traduz por:

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{1}{T} \int_t^{t+T} \frac{PA(t)^2}{P_0^2} dt \right]$$

onde T é o intervalo de tempo determinado e as tomadas de pressões acústica são ponderadas em A. Esse nível será dado em dB (A).

#### 5.1.2 $L_{ra}$ - Nível Equivalente de Ruído Ambiente

É o nível de pressão sonora equivalente ponderado em A, no local e horário considerados, na ausência do ruído gerado pela fonte sonora em questão.

### 5.1.3 LDN ou DNL – Day-Night Level

É o nível equivalente para a energia sonora produzida em 24 horas por todos os eventos de ruído dentro do período. É o mesmo raciocínio do  $L_{eq}$ , sendo que o período de avaliação é de 1 (um) dia, 24 horas. É importante notar que essas 24 horas do dia, como padrão adotado pela métrica, são divididas em 2 períodos. O diurno, considerado de 7:00 às 22:00 h e o noturno, das 22:00 às 7:00 h. E no caso do cálculo do DNL, dá-se um incremento de 10dB para os níveis noturnos, por se tratar de um período com maior sensibilidade. Seguindo a mesma divisão nos períodos, pode-se calcular ainda o  $L_{eqD}$  (diurno) e o  $L_{eqN}$  (noturno).

$$DNL = 10 \log_{10} \left\{ \frac{1}{T} \left[ \int_{dia} \frac{PA(t)^2}{P_0^2} dt + 10 \cdot \int_{noite} \frac{PA(t)^2}{P_0^2} dt \right] \right\}$$

### 5.2 - SEL – SOUND EXPOSURE LEVEL (NÍVEL DE EXPOSIÇÃO SONORA)

O SEL é o nível que representa a energia total do ruído produzido a partir de um único evento acústico e é calculado a partir do nível de pressão em dB (A) tomado pelo medidor (decibelímetro). É tomado como se o evento tivesse ocorrido no intervalo de um segundo e é calculado através da expressão logarítmica da soma integral de todo o nível de pressão sonora tomado em dB (A) relativo ao valor de referência durante a ocorrência do som.

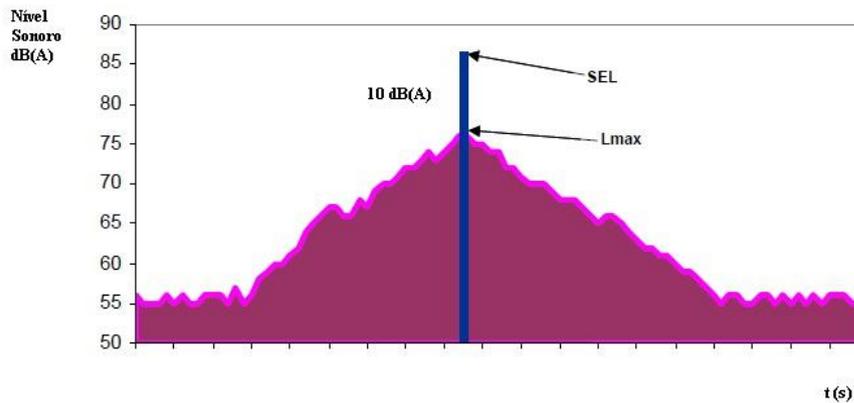


Figura 14 – SEL

O SEL é uma métrica muito utilizada para caracterizar um evento único de pouso ou decolagem de uma aeronave, sendo mais comum o seu emprego para avaliar exposição sonora da população durante a passagem noturna de uma aeronave com a probabilidade de interrupção do sono (FICAN, 2007).

$$SEL = 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{1}{T_0} \int_t^{t+T} \frac{PA(t)^2}{P_0^2} dt \right]$$

onde  $T_0$  é de um segundo ( $T_0 = 1s$ ).

Sendo assim quando um desses critérios é adotado (uma determinada métrica) obtém-se um nível de ruído fixo. Em geral o DNL é muito utilizado como métrica para avaliação do ruído aeroportuário por dar uma boa dimensão da relação do ruído com o incômodo sofrido pelas pessoas no entorno.

## **6- RUÍDO E SOCIEDADE**

Baseado nas métricas apresentadas anteriormente obtém-se níveis de ruído característicos de certas atividades, como aeroportuária, e dessa forma pode-se desenvolver políticas de gerenciamento desse ruído e de gestão do uso do solo e da ocupação do território, a fim de preservar as pessoas do desconforto e de danos causados por esse tipo de impacto ambiental.

Desse modo, foram desenvolvidos métodos de mapeamento dos níveis de ruído de toda instalação que seja potencialmente impactante. E baseado em todos os estudos sobre as consequências do ruído para a saúde humana são criadas normas para controle desse som indesejável. De maneira que esses mapeamentos possam ser confrontados com essas normas e o problema do impacto ambiental do ruído possa ser controlado.

Segundo Macedo (2004) o estudo do ruído aeroportuário constitui-se em um procedimento considerado não trivial, pois para que isto ocorra devem-se considerar diversos elementos que interagem entre si e cujas características estão sempre em transformação dinâmica. Além disso, a resposta que se busca não depende apenas da medição do ruído, mas também da interpretação, que é subjetiva, das pessoas à determinada exposição.

### **6.1- AS CURVAS ISOFÔNICAS**

No âmbito internacional, o controle do ruído baseia-se no estabelecimento de um sistema que estima o nível sonoro e determina a exposição humana, baseado no traçado de curvas de igual nível sonoro (isofônicas) (NBR – 11415 de 1990), em sistemas de

monitoramento do ruído e na identificação da compatibilidade do uso do solo. Este procedimento se enquadra no conjunto de medidas que visam à mitigação do ruído ambiental.

As curvas de igual nível de incomodo sonoro (isofônicas) estão entre as principais ferramentas auxiliares no controle do uso do solo no entorno de aeroportos. A maior parte dos países faz uso de programas de acústica que traçam essas curvas, no cálculo do ruído emitido por um avião, e que leva em consideração a potência do aparelho, a potência do motor, a reversão do fluxo dos reatores durante a aterrissagem e o ruído emitido durante os testes de certificação.

Esse procedimento considera os conjuntos de rotas formados pelas aeronaves. Todos os aviões que seguem a mesma trajetória vão representar uma pequena parcela da trajetória e o conjunto das mesmas vai formar um “corredor”. A dispersão das trajetórias no interior desse corredor é calculada através de fórmulas teóricas ou de observações por radar. Alguns métodos de cálculo consideram condições meteorológicas (a velocidade do vento, a umidade do ar, a variação da temperatura com altitude, assim como a natureza do solo). O modelo suíço e o britânico consideram a direção do ruído e o modelo francês considera as irregularidades topográficas (VALLET, 2002).

No caso do Brasil, o software utilizado para traçar as curvas é o *Integrated Noise Model* (INM) e o *Heliport Noise Model* (HNM) produzidos pela U.S. FAA (*Federal Aviation Administration*). O INM é usado, por exemplo, para avaliação do impacto sonoro da ampliação ou construção de novas pistas de pouso e decolagem, novas demandas de tráfego e composição das frotas de aeronaves, revisão de rotas e estruturas aeroespaciais, alternativas de perfis de voo e modificação de outros procedimentos operacionais (FAA, 1997).

O programa INM não leva em consideração a modelagem parâmetros específicos como os perfis de temperatura, gradiente de vento, efeitos de umidade, absorção do solo, a trajetória

individual de cada aeronave e difração em torno do solo, barreiras e edifícios. Ele se baseia nos valores médios e objetiva estimar os efeitos de longo prazo (valores médios anuais). Por este motivo podem existir diferenças entre valores estimados através do programa e medidos em campo para determinado ponto devido a variáveis acústicas locais que possam não terem sido consideradas.

## 6.2- PLANO DE ZOENAMENTO DE RUÍDO AEROPORTUÁRIO

O Plano de Zoneamento do Ruído consiste em um mapeamento dos níveis do ruído no entorno através de curvas de níveis de ruído. Esse mapeamento tem por objetivo contribuir para a gestão do uso do solo de maneira que residentes das vizinhanças não sejam expostos a consequências negativas desse incômodo.

Esse plano de zoneamento está em conformidade com normas que regem o tratamento desse problema ambiental. E dentro do contexto do gerenciamento do uso do solo pode-se citar a portaria n° 1141/GM 5 e n° 161/RBAC, que são duas dessas normas. A portaria n° 1141 determina a obrigatoriedade do PZP – Plano de Zoneamento de Proteção e do PZR – Plano de Zoneamento do Ruído, cuja respectiva portaria foi substituída pela n° 161 da RBAC.

O PZP estabelece o espaço aéreo livre de obstáculos que dificultem as operações de pouso e decolagem de aeronaves. E o PZR tem como intuito representar geograficamente a área do impacto do ruído aeronáutico decorrente das operações nos aeroportos como dito anteriormente, e dessa maneira, em conjunção com o gerenciamento do uso do solo permitir o ordenamento adequado das atividades situadas nessas áreas e preservar o desenvolvimento dos aeroportos em harmonia com as comunidades localizadas em seu redor.

No Plano de Zoneamento do Ruído são geradas curvas de níveis do ruído a partir do núcleo central gerador, que no caso aeroportuário são as pistas. Esse procedimento toma parâmetros de entrada no programa que realiza a simulação como os tipos e quantidade de movimentações médias, assim como dados geográficos e meteorológicos do aeroporto.

O PZR ainda divide-se em PBZR – Plano Básico de Zoneamento de Ruído e PEZR – Plano Específico de Zoneamento de Ruído. De acordo com a RBAC n° 161, Emenda n°00, o PZER é aplicado em aeroportos com uma média anual de movimentos de aeronaves nos últimos 3 anos superior a 7000 movimentos. Para os demais aeroportos, cabe a operadora do aeroporto escolher o tipo de plano a ser elaborado.

O que diferencia um plano do outro é o grau de detalhamento. No Plano Básico, **PBZR**, são demarcadas duas curvas de nível de ruído dividindo o espaço geográfico em 3 regiões: curva de nível de ruído de 75dB(A) e outra de 65dB(A) (onde dentro da curva de 75dB(A) o nível está acima desse valor até atingir o nível máximo na fonte, entre as curvas de 65 e 75 o nível encontra-se dentro desse intervalo e fora da curva de 65dB(A) o nível decai a partir de 65dB(A) até um nível mínimo. Já no **PEZR** (específico) são demarcadas cinco curvas: 85dB(A), 80dB(A), 75dB(A), 70dB(A) e 65dB(A) que dividem o espaço geográfico em 6 regiões onde o nível do ruído dentro de tais regiões está compreendido entre os limites interno e externo (as curvas).

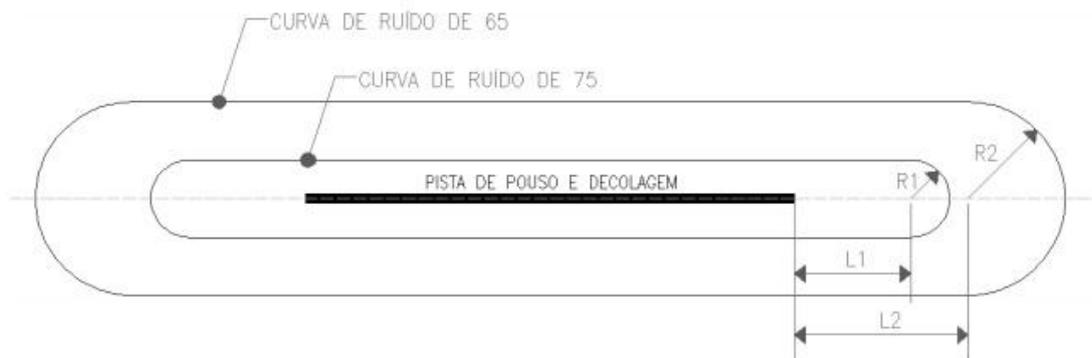


Figura 15 - Exemplo de PBZR, segundo o RBAC 161

(Nessa figura estão representadas as 3 regiões do PBZR)

De acordo com a prática padrão, as áreas representadas em cor na figura são:

- **AREA I:** é a região de nível de ruído acima de 75dB(A). ( $DNL > 75dB(A)$ , considerado ruído ambiente muito elevado). Exclui quase todas as atividades urbanas com exceção das atividades não sensíveis ao ruído como extração e produção de recursos naturais, serviços de transporte, etc.
  
- **ÁREA II:** é a região de nível de ruído compreendida entre 65 e 75 dB (A). ( $65dB(A) < DNL < 75dB(A)$ , considerado ruído ambiente elevado). Exclui residências, escolas, hospitais e outras atividades consideradas muito sensíveis ao ruído, permitindo as demais.

- ÁREA III: região do entorno da amarela, onde o nível de ruído é menor do que 65dB(A). (DNL < 65dB(A), considerado baixo). Permite todos os tipos de uso e ocupação do solo

### 6.3 - RELAÇÃO ENTRE O RUÍDO E O NÚMERO DE INCOMODADOS

O estudo da relação entre o ruído produzido e o número de pessoas incomodadas teve início com o primeiro trabalho notável acerca do tema em 1972 por Schultz. A partir de então vários estudos foram publicados a respeito do tema fundamentados nos trabalhos de Schultz e são aceitos até os dias atuais pelas Agências Federais Internacionais. Esses trabalhos estimam os efeitos dos níveis de ruído sobre a população altamente incomodada.

Um estudo notável sobre o tema foi o do aeroporto de Portland, que em seu Relatório Anual do Plano de Atenuação do Aeroporto (1996), calculou que entre os níveis de ruído de 60 a 65dB(A), 37.5% dos residentes ao redor do aeroporto estavam altamente incomodados, como visto na tabela.

Quadro 2: porcentagem prevista de pessoas altamente incomodadas por níveis de ruído de aeronaves no aeroporto internacional de Portland.

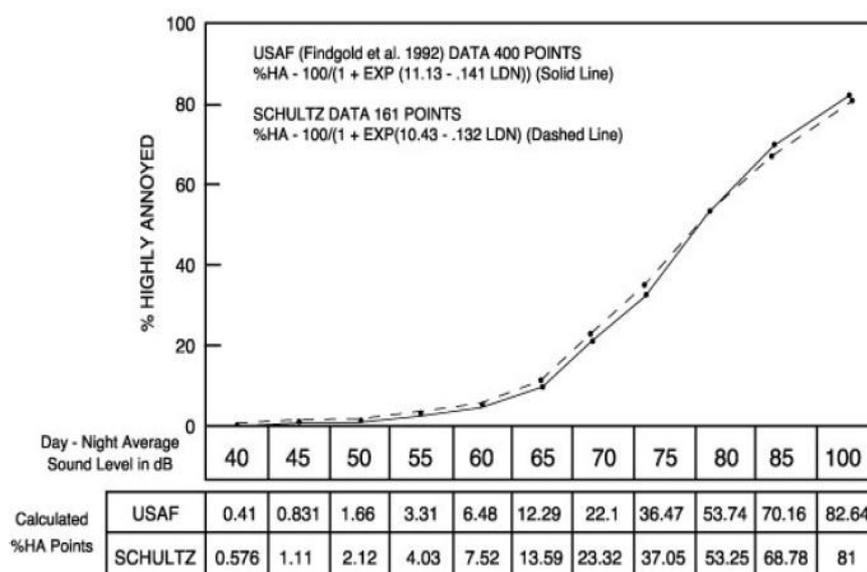
<b>Níveis de Exposição (DNL)</b>	<b>% de pessoas altamente Incomodadas</b>
55 – 60 dB (A)	12,5 %
60 – 65 dB (A)	37,5 %
65 – 70 dB (A)	62,5 %
70 – 75 dB (A)	87,5 %
Maior que 75 dB (A)	100,0 %

Fonte: Portland Airport (1996)

Os trabalhos de Schultz também serviram para a elaboração do zoneamento aeroportuário. Os estudos da *Environmental Protection Agency* – EPA, em 1973, estabeleceram a curva de DNL 65dB(A) como o limite de zoneamento baseado sobre o incomodo das pessoas, proibindo o uso residencial apenas para pontos onde o DNL fosse superior a 65dB(A). Segundo a FAA – *Federal Aviation Administration*, o DNL 65dB(A) ainda é o melhor critério para estabelecer o impacto de ruídos significantes nas comunidades vizinhas ao aeroporto.

A tabela seguir mostra a famosa curva revelada por Schultz para estimar o número de pessoas altamente incomodadas pelo ruído:

Quadro 3: Percentual de População Altamente Incomodada por Schultz e pela USAF



Fonte: Schultz (1978)

Observações:

- Na tabela, o intervalo delimitado entre 60 e 70 dB (A) da curva é que correlaciona a resposta humana à exposição de ruído, nela é que se avalia a porcentagem de da população altamente incomodada (Schultz et al.).
- Essa tabela ainda mostra um comparativo entre os números de altamente incomodados de Schultz e da USAF – *United States Air Force*.

Segundo pesquisadores que criticam como a curva de Schultz foi desenvolvida, para a região onde DNL < 65 dB (A) existe ainda um grande número de pessoas incomodadas pelo impacto do ruído de aeronaves.

A pesar do trabalho de Schultz ter sido muito notável, Bronzaff, em 1998, mostrou que a adoção da métrica DNL no zoneamento aeroportuário, baseadas em tais curvas produziu subavaliações de incomodo nas comunidades; concluiu-se que o número de pessoas que são incomodadas pelo impacto do ruído de aeronaves é mais elevado do que geralmente informado. Além disso, os aeroportos geram ainda outros tipos de ruídos, tais como tráfego de veículos ao seu redor, que contribuem para aumentar esse número.

Quadro 4: Percentual altamente incomodado por diversas agências ambientais

<b>Nível de Ruído</b>	<b>Agências/percentual de população altamente incomodada</b>		
	<b>EPA</b>	<b>OECD</b>	<b>NRC</b>
<b>50</b>	<b>7,2</b>	<b>0</b>	<b>2,259</b>
<b>55</b>	<b>16,2</b>	<b>10</b>	<b>4,577</b>
<b>60</b>	<b>25,2</b>	<b>20</b>	<b>8,672</b>
<b>65</b>	<b>34,2</b>	<b>30</b>	<b>15,173</b>
<b>70</b>	<b>43,2</b>	<b>40</b>	<b>24,493</b>
<b>75</b>	<b>52,2</b>	<b>50</b>	<b>36,866</b>

Fonte: GERA / EPA / OECD / NRC / Carvalho, L.A., 2010

#### 6.4 - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA)

A *Environmental Protection Agency* – EPA, agência americana de proteção ambiental foi habilitada em 1972, através do *Noise Control Act* a definir os limites de ruído necessários para proteger a saúde pública e o bem estar com uma margem adequada de segurança e também a definir normas de emissão de ruído para as principais fontes de ruído no meio ambiente, incluindo equipamentos de transporte e infraestrutura, equipamentos de construção e máquinas elétricas, assim como propor regulamentos de controle de ruído das aeronaves e motores.

A EPA colaborou com agências federais de outros países e a comunidade científica internacional para publicar um documento que iria cumprir esses requisitos na lei de controle de ruído. Essa agência publicou um gráfico que relacionava níveis de exposição ao ruído ao percentual de pessoas que foram consideradas incomodadas pelo ruído. Esse gráfico é resultado de extensas pesquisas sociais em diversos aeroportos como *Heathrow* perto de Londres e em aeroportos dos Estados Unidos.

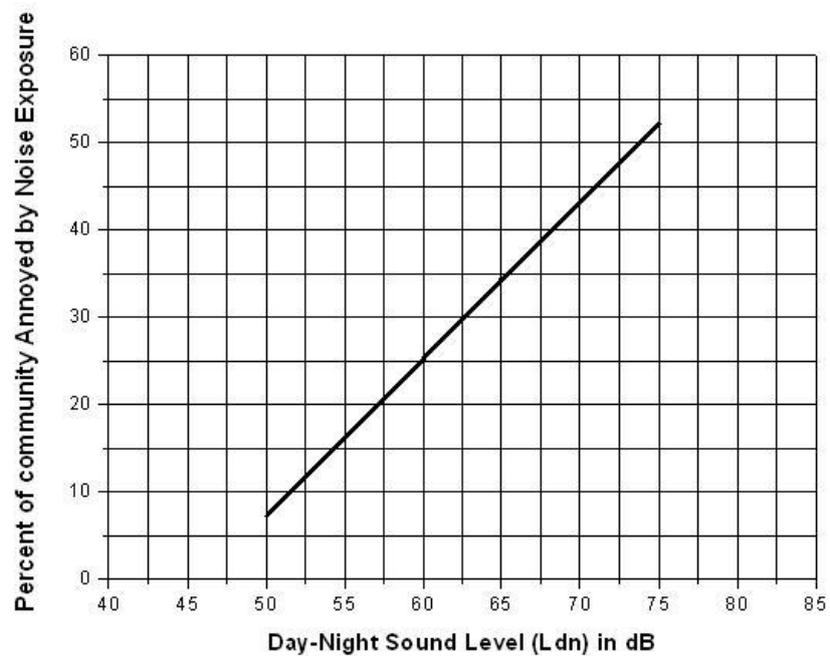


Figura 16 - Percentual de pessoas incomodadas

Fonte: EPA

## 7 - ESTUDO DO RUÍDO NO BRASIL E O IPR

Os primeiros estudos de gestão do ruído de aeronaves foram realizados aqui no final dos anos 70. Nos anos 80 e 90 os principais aeroportos do país já tinham seus Planos de Zoneamento do Ruído aprovados pelo governo e expedido às entidades locais para sua execução. O PZR tem que ser atualizado sempre que a frota modifica-se substancialmente ou quando a infraestrutura se modifica. Os dados básicos para esse plano são como mencionado anteriormente, as curvas de ruído calculadas e geradas pelo software INM.

O governo brasileiro vem adotando o método denominado Índice Ponderado do Ruído – IPR desde a década de 80 para o cálculo do incômodo produzido por aeronaves. E após estudos realizados pelo IAC, a partir de 1994, o método foi modernizado a fim de permitir medições diretas em campo, o que não era possível anteriormente.

O IPR é a medida cumulativa, em escala logarítmica, do incomodo causado pelo ruído gerado pela operação de aeronaves em um aeroporto (DECRETO N° 89.431, DE 08 DE MARÇO DE 1984).

$$\text{IPR} = 10 \log [1/24 \cdot (15 \cdot 10^{L_d/10} + 9 \cdot 10^{(L_n + 10)/10})]$$

onde:

$L_d$  = nível diurno equivalente (*day-time* – Leq) e

$L_n$  = nível noturno equivalente (*night-time* – Leq)

O IPR nada mais é do que o DNL e é definido pela OACI como sendo o nível médio de ruído, ponderado em A, para um período de 24 horas, aplicando-se um acréscimo de 10 dB

(A) nos níveis de ruído noturno (Night) que ocorrem no período entre 22:00 e 7:00 h a fim de considerar a maior sensibilidade da população neste horário. E pode-se dizer que o DNL, no Brasil foi escolhido como métrica mais adequada do ruído para definir áreas de usos diferenciados. Essa escolha é devido:

- ao DNL quantificar a exposição de ruído cumulativa de múltiplos eventos
- com o uso do DNL predominam os eventos mais ruidosos
- ao DNL considerar os períodos diurnos e noturnos e levar em consideração que os noturnos tem maior impacto.

As autoridades aeronáuticas no Brasil consideram que o fator de maior peso não é o incômodo sentido pelas pessoas, mas sim a forma como elas reagem ao incômodo e apontam uma forte relação entre a reação ao ruído, o nível sócio econômico e as atividades exercidas nas áreas afetadas. E de maneira geral é apontado que quanto maior o nível socioeconômico da população, maior é a restrição à poluição sonora.

Dessa forma foi elaborada uma tabela, na qual estão relacionados os valores de IPR e a reação esperada na comunidade.

Quadro 5: Relação entre IPR e a reação das comunidades

<b>VALOR DO IPR – dB (A)</b>	<b>REAÇÃO DAS COMUNIDADES</b>
Menor que 65 – ÁREAS III	Nenhuma reclamação é esperada. Ambiente pouco ruidoso
Entre 65 e 75 – ÁREA II	Ambiente com nível médio de ruído. É esperado grande volume de reclamação por parte dos residentes
Maior que 75 – ÁREA I	Ambiente extremamente ruidoso. São esperadas reclamações generalizadas por parte dos residentes. É possível ação comunitária contra o aeroporto

## **8 - RUÍDO E LEGISLAÇÃO**

### **8.1 MONITORAMENTO DO RUÍDO E GESTÃO DO USO DO SOLO**

As leis envolvidas no estudo do ruído tem objetivo de fazer uma avaliação do mesmo em áreas habitadas, visando o conforto acústico da comunidade. Elas visam fixar condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído independentemente da existência de reclamações.

A Internacional Civil Aviation Organization, ICAO tem como função promover o desenvolvimento seguro e ordenado da aviação civil internacional. Essa agencia foi criada em 1944 pelas Nações Unidas e estabelece normas e regulamentos necessários para a segurança operacional, eficiência e regularidade da aviação, assim como sua proteção e a do meio ambiente.

A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros) (ABNT 2000).

Documentos legais como as normas emitidas pela ABNT, por exemplo, NBR 10151 e NBR 10152, assim como referências normativas (IEC-60651, IEC-60804 e IEC-60942) visam avaliar a aceitabilidade do ruído e especificam métodos para medição do ruído, aplicação de correções nos níveis medidos se o ruído apresentar características especiais e uma comparação dos níveis corrigidos com um critério que leva em conta vários fatores. O método de avaliação

envolve as medições do nível de pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ ), em decibéis ponderados em “A”, comumente chamado dB (A).

## 8.2 – A NBR 10151

Segundo a NBR 10151, o método de avaliação do ruído baseia-se em uma comparação entre o nível de pressão sonora corrigido  $L_c$  e o nível de critério de avaliação NCA, estabelecido conforme a tabela:

Quadro 6: Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB (A).

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

Fonte: NBR 10151 (2000)

O Nível Corrigido  $L_c$  para ruído sem caráter impulsivo e sem componentes tonais é determinado pelo Nível de Pressão Sonora Equivalente,  $L_{Aeq}$  dB (A).

Na hipótese de que os parâmetros estejam em concordância com a realidade geoclimática local, considera-se que um  $L_{Aeq} = 55$  dB (A) (DNL) é mais adequado para avaliação do ambiente sonoro no entorno de aeroportos situados em clima tropical úmido do que o valor de 65 dB (A) utilizado como parâmetro pela Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC e pela Empresa e Infraestrutura Aeroportuária – INFRAERO (MACEDO, 2004).

Esse valor de 55dB (A) inclui uma margem de segurança devido a variações geoclimáticas que possam fazer o nível aumentar no limite da curva. A “Environmental Protection Agency” – EPA e a World Health Organization recomendam a adoção de um  $L_{Aeq} = 55$  dB (A), a fim de garantir a saúde e a qualidade de vida da população. Já a ACNUSA (2002), Autoridade Francesa de Controle dos Incômodos Sonoros, recomenda que a ajuda relativa ao isolamento sonoro de edificações deve ser concedida às edificações situadas no entorno de aeroportos inseridas na curva  $L_{Aeq} = 55$  dB (A) (DNL) (MACEDO 2004).

Embora a Portaria 1141/GM5 (1987) não determine os níveis do ruído para o traçado das curvas isofônicas, na prática o Instituto de Aviação Civil (IAC) considera um  $L_{DN}$  mínimo igual a 65 dB (A) quando as projeta. Deste modo, as áreas I ( $L_{DN} > 75$  dB (A)) e II ( $65 < L_{DN} < 75$  dB (A)) são consideradas críticas e para elas são estabelecidas restrições e permissões de uso do solo (MACEDO, 2004). Já para a área III a legislação não impõe restrições a menos que exista um Plano Específico de Zoneamento do Ruído (PEZR).

### 8.3 A NBR 10.152

Segundo a NBR 10.152 que trata de níveis de ruído para conforto acústico, são apresentados alguns valores na tabela que comparam o nível sonoro aceitável para a finalidade e o nível sonoro para conforto acústico, retirados da tabela 1 da própria norma:

Quadro 7: Níveis sonoros para conforto acústico

<b>LOCAIS</b>	<b>dB (A)</b>	<b>NC</b>
<b>Hospital</b> apartamentos, enfermarias, berçários, centros cirúrgicos.	35 – 45	30 – 40
<b>Escolas</b> salas de aula, laboratórios.	40 – 50	35 – 45
<b>Residências</b> dormitórios, sala de estar.	35–45 40 – 50	30 – 40 35 – 45
<b>Escritórios</b> salas de projeto e de administração, salas de computadores.	35 – 40 45 – 65	30 – 40 40 – 60

Fonte: NBR 10.152

É importante ressaltar que para níveis acima de 75 dB (A) começa acontecer o desconforto acústico, ou seja, o ruído passa a ser um agente de desconforto para qualquer atividade que esteja acontecendo, causando perda de inteligibilidade da linguagem, falha na comunicação, dificuldade de concentração indo até consequências mais drásticas como irritabilidade e perda na qualidade do sono. Acima de 80 dB (A) pessoas mais sensíveis podem sofrer perda auditiva, o que se generaliza para níveis acima de 85 dB (A).

#### 8.4 – REGULAMENTOS BRASILEIROS DE AVIAÇÃO CIVIL – RBAC

Além dessas normas NBR mencionadas, existe os Regulamentos Brasileiros de Aviação Civil – RBAC que tem por objetivo estabelecer regras acerca da aviação civil internacional. Existem vários regulamentos RBAC tratando de todos os assuntos relacionados a aviação, como por exemplo, RBAC nº154 para projetos de aeródromos. Este Regulamento contém normas que estabelecem as regras a serem adotadas nos projetos e construção de aeródromos públicos. Essas normas são especificações de características físicas, configuração, material/equipamento, desempenho, pessoal ou procedimentos, cuja aplicação uniforme é considerada necessária para a segurança operacional ou regularidade do transporte aéreo e, portanto, são de caráter obrigatório.

Outro exemplo é a RBAC 161, que trata do controle do ruído no entorno do aeródromo e aborda quesitos como os Planos de Zoneamento do Ruído (tanto o básico como o específico) assim como uso do solo e relacionamento entre operador de aeródromo, órgãos locais e comunidades do entorno. Este regulamento estabelece, para os operadores de aeródromos, os requisitos para elaboração e aplicação do Plano de Zoneamento de Ruído – PZR e define critérios técnicos aplicáveis na análise de questões relacionadas ao ruído aeronáutico na aviação civil.

Assim como a autorização de construção ou modificação de características físicas e/ou operacionais e de cadastro de aeródromos está condicionada ao cumprimento de subpartes desse regulamento. Este regulamento diz que todo aeródromo civil ou compartilhado deve ter, obrigatoriamente um PZR que será cadastrado na ANAC nos termos deste RBAC.

O PZR, como dito anteriormente, é composto pelas Curvas de Ruído e pelas compatibilizações e incompatibilizações ao uso do solo estabelecidas para as áreas delimitadas por essas curvas. As curvas de ruído são linhas traçadas em um mapa, cada uma representando níveis iguais de exposição ao ruído. E uma vez elaborado o PZR o operador, para registrar o aeródromo na ANAC, precisa inserir ao plano as recomendações de uso do solo dispostas nesse RBAC. Esse PZR deve ser mantido sempre atualizado por parte do operador caso ocorram alterações de natureza física ou operacional que interfiram nos requisitos definidos no regulamento.

O operador de aeródromo que possua, por exemplo, um PBZR deve fazer constar do Plano os usos do solo Compatíveis e Incompatíveis para as áreas por ele abrangidas, conforme apresentado na tabela E-1 do RBAC 161 Emenda Nº 00 que consta no anexo do trabalho. Pode-se mostrar, por exemplo, alguns desses valores na tabela a seguir:

Quadro 8: Usos compatíveis e incompatíveis para áreas abrangidas por PBZR

Uso do Solo	Nível de ruído médio dia-noite (dB)		
	Abaixo de 65	65 – 75	Acima de 75
<b>Residencial</b>			
Residências uni e multifamiliares, alojamentos temporários, locais de permanência prolongada.	S	S*	N
<b>Usos Públicos</b>			

Educacional, saúde, igrejas, auditórios e salas de concerto, serviços governamentais, transportes, estacionamentos.	S	S*	N
<b>Usos Comerciais e serviços</b>			
Escritórios, negócios, profissional liberal, comércios atacadista e varejista, serviços de utilidade pública e serviços de comunicação.	S	S*	N
<b>Usos Industriais e de Produção</b>			
Indústria em geral, agricultura e floresta, criação de animais, pecuária, mineração e pesca.	S	S*	N
<b>Usos Recreacionais</b>			
Estádios de esportes, conchas acústicas, exposições agropecuárias e zoológicos, parques, campos de <i>golfe</i> , hípicas e parques aquáticos.	S	S*	N

Fonte: RBAC 161 Emenda N°00

Obs.: Na tabela, S = sim (uso sem restrições), N = não (restrito ao uso) e S\* = uso condicionado (significa que sempre que os órgãos determinarem que os usos devam ser permitidos, devem ser adotadas medidas para atingir uma redução do ruído de pelo menos 25 dB para edificações).

Segundo Damião e Rocha (1998), a ausência de um planejamento adequado da ocupação do entorno do aeródromo irá provocar a médio e em longo prazo, um conflito previsível entre essa ocupação e a atividade aeronáutica.

De acordo com o CBA – Código Brasileiro de Aeronáutica (Lei Nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986), o uso e a ocupação do solo no sítio aeroportuário e em seu entorno é regido pela legislação aeronáutica relativa à zona de proteção e ruído vigente. Ela se torna viável com a incorporação do Plano Diretor do aeroporto pelo município e assim reduz o nível de impactos sobre a população circunvizinha. Esta incorporação é benéfica para o relacionamento com a comunidade e impede ocupações irregulares que possam criar outros fatores passíveis de danos ao meio ambiente como a destruição da flora e da fauna e a contaminação do solo e de rios.

Tratando de saúde e bem-estar, os níveis de ruído e a máxima exposição diária permissível estão descritas na ABNT – NBR 11415 (ABNT, 1990), onde consta também o tempo máximo de exposição para um ruído de 85 dB (A) que é de no máximo 8 horas diárias e para um ruído de 115dB(A), 7 minutos.

A RBAC 161 diz que após o registro do PZR na ANAC, o operador de aeródromo deve buscar ações de compatibilização do uso do solo com o(s) município(s) abrangido(s) pelas curvas de ruído, bem como com a comunidade de entorno, notificando a ANAC, os municípios e os órgãos interessados sempre que forem identificados usos incompatíveis com os PZR aprovados.

Para fins de monitoramento do ruído essa norma diz também que o operador de aeródromo que apresente média anual de movimento de aeronave nos últimos três anos acima de 120.000 (cento e vinte mil) e que possua regiões de uso residencial ou misto em mais de 50% das áreas definidas pelas curvas de ruído 65-75, 75-80 e 80-85 e acima de 85 dB de seu PEZR, isoladas ou conjuntamente, deverá apresentar à ANAC, para análise e aceitação, um

projeto de monitoramento de ruído. Nos casos em que forem constatados conflitos relacionados a ruído aeronáutico entre o aeródromo e a comunidade de seu entorno, que não se enquadrem na obrigatoriedade de elaboração de projeto de monitoramento de ruído, prevista no parágrafo (a) do RBAC 161 Emenda N°00, é facultado à ANAC determinar ao operador de aeródromo a implementação do projeto nas áreas do Plano Específico de Zoneamento do Ruído – PEZR.

O monitoramento de ruído deve conter pelo menos os seguintes elementos:

1. pontos de medição de ruído;
2. metodologia para a medição do ruído;
3. relatório que contenha informações suficientes para subsidiar ações mitigadoras quanto ao ruído aeronáutico.

No caso de ocupação do solo no entorno do aeródromo sem a observância dos usos compatíveis e incompatíveis, previstos nesse regulamento, a ANAC poderá impor restrições operacionais ao aeroporto. Essas restrições operacionais deverão ser comunicadas ao operador do aeroporto e às empresas aéreas com antecedência mínima de seis meses. No caso de aeródromo público essas restrições são condicionadas à subitem da subparte do próprio regulamento que trata do assunto. Já no caso de aeródromo privado, este poderá, inclusive, ser excluído do cadastro da ANAC.

O operador de aeródromo novo e o proprietário de aeródromo privado devem apresentar o PZR para registro na ANAC, em conformidade com o RBAC 161, por ocasião do pedido de cadastro do aeródromo na ANAC, e, no caso de aeródromos privados já cadastrados, no prazo máximo de 6 (seis) anos. E também deve instituir a Comissão de Gerenciamento do Ruído Aeronáutico no prazo de 180 (cento e oitenta) dias a partir da entrada em vigor do regulamento.

O RBAC 161 Emenda N°00, Subparte G diz que não é necessária aprovação ou consulta prévia à ANAC, no que tange ao ruído aeronáutico, para a ocupação do solo em áreas abrangidas pelos PZR.

Na fiscalização do PZR, a ANAC considerará:

- (1) PBZR ou PEZR já publicados, ou PBZR ou PEZR cadastrados na ANAC;
- (2) medições de monitoramento de ruído realizadas com base em método aprovado em Instrução Suplementar; e.
- (3) informações prestadas pelo operador de aeródromo acerca da compatibilização das recomendações ao uso do solo pelo(s) município(s) abrangido(s) pelas curvas de ruído.

## 8.5 – CLASSIFICAÇÃO DE AERONAVES SEGUNDO A ICAO

Os aviões produzidos hoje em dia são aproximadamente 75% menos ruidosos do que há 40 anos, o que mostra que esforços vêm sendo feitos no sentido de mitigar o problema do ruído aeronáutico e esses fabricantes de aeronaves estão trabalhando para reduzir isso ainda mais. Dessa maneira, a ICAO desenvolve Padrões de Certificação de Aeronaves e promove a continuação do desenvolvimento de tecnologias para redução do ruído.

Essa questão do ruído de aeronaves tem sido abordada pela ICAO desde os anos 60. Em 1971 foram publicados os primeiros padrões e práticas recomendadas do certificado de ruído aeronáutico. Esses padrões foram inseridos no documento sobre proteção do meio ambiente da convenção sobre aviação civil internacional e desde então vêm sendo atualizados para garantir melhoras na tecnologia.

A figura a seguir demonstra como esse incremento de tecnologia reflete positivamente para a redução do impacto de ruído.

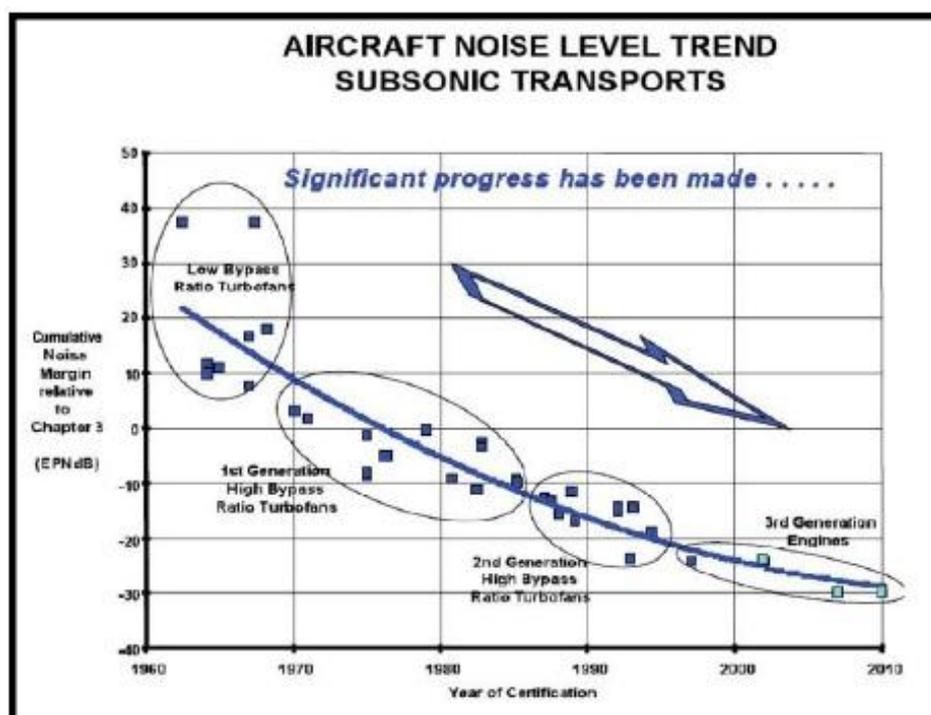


Figura 17 - Evolução do nível de ruído de aeronaves do Capítulo 3 ao longo dos anos

Fonte: Grupo de Trabalho de Indústria Internacional – Quinta Edição R1, 2007.

O tema ruído na fonte vem sendo controlado, no Âmbito da ICAO, desde o início pelo estabelecimento de limites de ruído para aeronaves sob a forma de suas normas. O Anexo 16 da Convenção de Chicago, que trata do assunto, é dividido em dois volumes. O volume I que trata do ruído e o volume II é dedicado às emissões dos motores. Para a ICAO, o regime de certificação do ruído global é de todo o ruído produzido pelo funcionamento de uma aeronave, incluindo o motor e a estrutura do mesmo.

A primeira reunião do *Committee on Aircraft Noise* – CAN da ICAO, em 1971, desenvolveu um conjunto de normas que limitam o ruído. As primeiras normas definiam limites sonoros como uma função direta Massa Máxima de Decolagem, já que foi considerado que aeronaves mais pesadas, que eram capazes de transportar grandes quantidades de passageiros e de cargas, seriam inerentemente mais ruidosas do que as mais leves. Essas

normas aparecem no capítulo 2 do Anexo 16, volume I. Dois exemplos podem ser citados como o Boeing 727 e o Douglas DC-9 que são aeronaves abrangidas pelo capítulo 2.

Dessa forma, todos os princípios aplicados no desenvolvimento dos primeiros conjuntos de normas foram mantidos para a fixação de normas posteriores para limitação do ruído gerado.

Os capítulos de aeronaves, mencionados anteriormente, nada mais são do que uma classificação das aeronaves feita pela ICAO, através do seu Anexo 16, volume I, de acordo com o ruído emitido por ela. De acordo com o nível de ruído medido em EPN (dB) (*Effective Perceived Noise*), essas aeronaves são certificadas e classificadas por essa agência. Cada capítulo define uma classe de aeronaves.

E de acordo com essas medições as aeronaves são classificadas em:

- NNC, Muito Ruidoso;
- Capítulo 2, Ruidoso;
- Capítulo 3, Menos Ruidoso e;
- Capítulo 4, Ainda menos Ruidoso.

O capítulo 4, sendo o mais recente, é aplicado a certificação de tipos de aeronaves posteriores a janeiro de 2006. Além de certificação de aeronaves a jato, o Anexo 16 também contém disposições para o certificado de aeroplanos impulsionados por hélice e helicópteros. Os padrões ambientais são desenvolvidos para serem tecnologicamente praticáveis, ambientalmente convenientes, e economicamente razoáveis. As relações entre ruído e emissões também são tomadas em consideração.

## **9 - O MÉTODO DA “ABORDAGEM EQUILIBRADA” NA MITIGAÇÃO DO IMPACTO DO RUÍDO.**

Sendo o problema do impacto gerado pelo ruído aeronáutico sobre as comunidades do entorno de aeródromos um problema que envolve vários aspectos é considerado complexo e de difícil mitigação. Ele envolve não só a administração aeroportuária, mas principalmente as companhias aéreas e gestores municipais por envolver as questões tanto da emissão do ruído quanto da sensibilidade por parte dos ocupantes do entorno do aeródromo.

Então, em 2001, a OACI, por meio da 33ª Assembleia, aprovou o conceito de **Abordagem Equilibrada** (*Balanced Approach*) com a adoção da resolução A33-7 que contém um conjunto de referências teóricas voltadas para o desenvolvimento de soluções adequadas para o problema.

A Abordagem Equilibrada, conforme idealizada em tal resolução propicia uma abordagem acordada internacionalmente entre os Estados contratantes da ICAO para tratar dos problemas do ruído aeronáutico onde ocorrerem, através de uma abordagem específica para cada aeroporto, de forma ambiental e economicamente responsável. Esse método de abordagem permite identificar um problema específico de ruído fornecendo soluções enfocadas e adaptadas para a situação de um aeroporto em particular.

Existem diversas políticas de controle de ruído adotadas nos vários países. O conceito da Abordagem Equilibrada consiste em agrupar essas linhas de abordagem em uma só e cercar o problema por vários ângulos. Esse conceito considera 4 (quatro) aspectos:

- Atenuação do ruído na fonte (aeronaves mais silenciosas);
- Planejamento e gestão do uso do solo no entorno de aeroportos;

- Procedimentos operacionais;
- Restrições operacionais;

Em se tratando de avaliar a sensibilidade dos ocupantes do entorno de um aeroporto as medidas caem sobre o aspecto de planejamento e gestão do uso do solo. Um modo eficiente de reduzir o efeito do ruído nas pessoas que vivem próximo dos aeroportos é planejar e gerir essa ocupação no entorno. Tanto o número de pessoas como suas atividades são fatores importantes a serem considerados. Em geral, escolas, hospitais, as instituições religiosas e as bibliotecas são usos do solo considerados incompatíveis com atividades aeronáuticas como dito anteriormente e por isso devem ser evitadas nas proximidades dos aeroportos.

Logo, como mostrado, pode-se dividir o grande problema do impacto gerado pelo ruído aeronáutico, através da Abordagem Equilibrada, em 4 (quatro) aspectos.

### 9.1 - ATENUAÇÃO DO RUÍDO NA FONTE

A fim de atenuar o ruído na fonte e diminuir o incômodo sonoro junto à população, organizações internacionais assim como autoridades aeroportuárias e empresas ligadas à aviação promoveram diversos estudos, que já são aplicados. Entre esses estudos, o que apresentou melhor resultado até agora é o de redução de ruído nas turbinas. A ICAO, na década de 60, estabeleceu índices de emissão para certificação de aeronaves e as dividiu em categorias. Assim surgiram os Capítulos de aeronaves baseadas nessa emissão de ruído. As mais antigas e ruidosas foram classificadas como Capítulo 2. O Boeing B-707, Douglas DC-8 e Boeing B-727 são alguns exemplos mais conhecidos. Mais tarde em 1975, surgiram aeronaves com novo conceito de turbina, mais silenciosa, classificadas como Capítulo 3. São exemplos desse grupo

Boeing B-737-300, Boeing B-767 e Airbus A-319. Com o avanço da tecnologia teve início em 2006 a operação de aeronaves classificadas como Capítulo 4 que operavam com turbina GE e Trent, como o Boeing B-777 e Airbus A-340 respectivamente. A figura a seguir mostra o progresso das aeronaves com relação ao ano de certificação (ICAO, 2007).



Figura 18 - Evolução dos Capítulos das Aeronaves  
Fonte: Adaptado de ICAO, Environmental Report, 2007.

Logo, como mostra a figura, investimentos vêm sendo feitos e apontam resultados na modernização dos motores. Assim os aviões ficam mais silenciosos e conseqüentemente reduções significantes da área afetada pelo ruído são observadas.

## 9.2 - PLANEJAMENTO E USO DO SOLO

Um planejamento adequado e ordenamento do uso do solo é o meio mais eficaz de garantir uma boa convivência entre o aeroporto e a vizinhança, pois dessa maneira evita-se que haja ocupação e atividades dentro de áreas com elevado nível de ruído. Um zoneamento adequado em torno dos aeroportos permitirá atividades de acordo com os níveis de emissão sonora mostrados pelas curvas de ruído, já explicadas, que estão presentes nos Planos de Zoneamento.

O planejamento de uso do solo e as medidas de gerenciamento incluem: divisão em zonas de ruído, medidas de mitigação (como programas de isolamento), realocação do ruído, instrumentos financeiros como estímulos fiscais e taxas relacionadas aos ruídos aeroportuários (onde se incluem preço de monitorização do ruído ou aquisição de casas ou terrenos afetadas pelo ruído, etc.).

Esse gerenciamento do uso do solo é imprescindível como forma de proteger a população contra os altos níveis sonoros decorrentes das operações com aeronaves. As orientações da OACI são, portanto, para que haja esforços no sentido de reduzir o número de pessoas expostas ao ruído aeronáutico e principalmente evitar o crescimento residencial, e de outras atividades que, por lei sejam incompatíveis com o ruído produzido pelas aeronaves nas regiões mais próximas aos aeroportos. E é nesse ponto que aparece o fenômeno denominado de “*encroachment*” que se traduz na invasão de residências e de atividades incompatíveis com a legislação do ruído. Esse fenômeno será melhor exposto mais à frente no presente trabalho.

A OACI fornece através do Anexo 16 e do Manual de Planejamento dos Aeroportos algumas recomendações quanto à gestão do solo no entorno de aeródromos e também recomenda que a administração aeroportuária possua, em sua base de dados, informações

atualizadas referentes à população e ao tipo de uso e ocupação das regiões expostas ao ruído das aeronaves.

A gestão adequada do solo no entorno dos aeroportos passa, invariavelmente, pela incorporação dos planos aeroportuários ao zoneamento urbano dos municípios, o que depende das autoridades municipais. O monitoramento da situação de ruído nestas regiões depende de que haja colaboração e constante troca de informações entre as prefeituras, as autoridades aeronáuticas e a administração aeroportuária (ROCHA, 2009).

Devido ao fato de depender dessa integração de diferentes esferas do poder público, principalmente da municipal com a federal, representadas pelas autoridades aeronáuticas, e também do cruzamento e encaixe das leis para ruído aeronáutico e ocupação do solo, esse gerenciamento do uso do solo tem sido considerado, dentre os 4 aspectos da Abordagem Equilibrada, o mais complexo e de difícil implementação.

A figura a seguir mostra um exemplo de irregularidade de ocupação do solo no entorno do aeroporto de Porto Alegre onde pode-se perceber uma enorme presença de moradias e atividades que estão incompatíveis com o zoneamento de ruído mostrado em escala no mapa. Na figura tem-se zonas de ruído sobrepostas na foto aérea de satélite da região do aeroporto. Essa imagem mostra a falta de ordenamento do solo no entorno do aeroporto.



Figura 19 – Foto aérea do Aeroporto de Porto Alegre

Fonte: Adaptado de ICAO, Environmental Report, 2007.

### 9.3- PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Aqui o objetivo da Abordagem Equilibrada é a atenuação do impacto do ruído através do distanciamento entre fonte sonora (aeronaves) e receptores (população do entorno), além da utilização otimizada dos motores. Tal objetivo deve ser alcançado através da adoção de procedimentos operacionais específicos para pouso e decolagem.

Para uma escolha adequada de procedimentos operacionais que atenuem o impacto do ruído é de extrema importância que se conheça o entorno do aeroporto quanto suas características geográficas assim como de uso e ocupação do solo. Dessa maneira é possível escolher rotas que evitem o sobrevoo de regiões habitadas ou cuja ocupação seja incompatível com o ruído aeronáutico. E mesmo essas rotas de mínimo incômodo sendo impedidas por características topográficas ou de clima é possível ainda a adoção de procedimentos de subida e descida que reduzem o ruído no solo em regiões habitadas.

São exemplos de procedimentos operacionais específicos:

1. Priorizar pistas e cabeceiras onde a ocupação urbana está mais distante ou a densidade populacional seja menor;
2. Elaborar cartas de aproximação ou de decolagem para evitar áreas residenciais;
3. Realizar decolagem com relação de subida mais íngreme;
4. Evitar sobrevoo em locais mais sensíveis onde tenham hospitais e escolas;
5. Rebocar aviões em manobras evitando o uso das turbinas da aeronave;
6. Aplicar diferentes taxas operacionais baseadas no nível de emissão sonora da aeronave.

Os procedimentos operacionais para redução de ruído, embora envolvam esforços conjuntos das autoridades aeronáuticas, administração aeroportuária e empresas aéreas, são, segundo a OACI, de mais simples aplicação e mais viável economicamente que as demais práticas da abordagem equilibrada (ROCHA, 2009).

#### 9.4- RESTRIÇÕES OPERACIONAIS

De acordo com a “Abordagem Equilibrada”, restrições operacionais para aeronaves são definidas como qualquer ação relacionada com o ruído que limitam ou reduzem o acesso de uma aeronave em um aeroporto. Restrições de operações podem melhorar o ambiente acústico limitando o acesso de todas as aeronaves durante certas horas do dia ou proibindo certos movimentos de aeronaves em um aeroporto (CARVALHO, 2010).

Essas restrições objetivam a atenuação do impacto do ruído através da redução de operações de aeronaves ruidosas ou da operação de aeroportos cujo entorno seja fortemente afetado pelo ruído aeronáutico.

A OACI recomenda a gradativa retirada de aeronaves ruidosas da frota das empresas aéreas até a completa proibição da operação de tais aeronaves. Na década de 80 o foco das proibições foram as aeronaves não certificadas, como o Concorde e o Tupolev 154. Na década de 90 passou-se para as aeronaves classificadas como capítulo 2 e atualmente para as do capítulo 3.

Muitos países desenvolvidos como Canadá, Austrália, Estados Unidos e a maioria da Comunidade Europeia proibiram a operação de aeronaves classificadas como capítulo 2. No Brasil, teve início em 2005 a proibição de 20% por ano da frota de aeronaves Capítulo 2, tendo completado a proibição definitiva em aeroportos brasileiros em 2010.

Já para o caso de aeronaves Capítulo 3, foi acatado que a restrição só seria autorizada caso todas as providências para redução de ruído já tivessem sido tomadas e que empresas de países em desenvolvimento não fossem prejudicadas.

Outro tipo de restrição operacional é o fechamento total ou parcial de um aeroporto durante um período de horas do dia. O total seria para todas as aeronaves e o parcial para um tipo específico. Normalmente esse tipo de restrição é aplicado para o período noturno (compreendido entre 22h e 7h). Em relação ao horário de funcionamento, recomenda-se a limitação de operações de aeronaves no período diurno e o fechamento do aeroporto no período noturno. Em um caso extremo de incômodo pode-se decidir pelo completo fechamento do

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

A OCAI não recomenda a aplicação de medidas de restrições operacionais de aeronaves como sendo um primeiro recurso. Economicamente, restrição operacional impacta na receita do aeroporto assim como na de companhias aéreas. Não só para companhias do país de origem, mas também para os países mais pobres, que normalmente não possuem recursos para aquisição de aeronaves mais modernas. Assim os outros elementos da Abordagem Equilibrada devem ser considerados em primeiro lugar.

A OACI prevê, além dos quatro pontos da abordagem equilibrada, um sistema para taxaço diferenciada das aeronaves ruidosas. No entanto, esta política de taxaço sobre o ruído aeronáutico ainda não é aplicada no Brasil (ROCHA, 2009).

As diretrizes da abordagem equilibrada são adotadas pelas legislaçoes aeronáuticas dos países membros da OACI, sobretudo pela legislaço dos países da Comunidade Europeia e dos Estados Unidos. No Brasil, existe um esforço para implementar os quatro pontos da abordagem equilibrada, dentre os quais, três deles são aplicados com relativa facilidade. No entanto, a atenuaço do ruído aeronáutico por meio da gestão do solo no entorno dos aeroportos tem sido o ponto fraco da abordagem equilibrada no Brasil (ROCHA, 2009). Problema que recai sobre administraço pública, levando esse assunto para uma esfera política. Torna-se necessário, então, compreender a legislaço sobre ruído urbano e ruído aeronáutico no Brasil a fim de tentar encaixa-las para que se possa aplicar de maneira eficiente esse aspecto da Abordagem Equilibrada.

## **10 - GESTÃO DO USO DO SOLO E O PROBLEMA DO “ENCROACHMENT”**

Sendo o planejamento e gestão do uso do solo no entorno de aeroportos o ponto fraco da Abordagem Equilibrada no Brasil, como mencionado por ROCHA em 2009, é interessante analisar esse aspecto em particular para uma melhor compreensão das causas desse problema para que a Abordagem Equilibrada possa ser mais eficiente no processo de redução do impacto do ruído aeroportuário na população.

O Código Brasileiro de Aeronáutica – CBA, pela lei Nº 7.565, de 19 de dezembro de 1986), diz que o uso e a ocupação do solo no sítio aeroportuário e em seu entorno é regido pela legislação aeronáutica relativa à zona de proteção e ruído vigente e essa ocupação é mantida viável pela incorporação do Plano Diretor do aeroporto pelo município como dito anteriormente.

Trabalhos científicos relacionados a ruído ambiental demonstram que uma pessoa só consegue relaxar totalmente durante o sono com níveis de ruído inferiores a 39 dB (A), enquanto que a OMS (Organização Mundial de Saúde) estabelece como nível médio de ruído diário para uma pessoa viver bem o valor de 55 dB (A). Logo ambientes habitados onde o nível de ruído esteja acima desses valores citados merecem uma atenção dos órgãos responsáveis por gestão de uso do solo.

A ocupação irregular, além de gerar danos ao meio ambiente pelo despejo de resíduos sólidos e líquidos, interfere na operação e rotinas do aeroporto nos aspectos operacionais e de segurança (voo e patrimonial), sendo motivo de constante vigilância (DINATO, 2011). Este problema existe no entorno de muitos aeroportos administrados pela INFRAERO onde tanto os vizinhos adentram na área aeroportuária causando danos ao patrimônio como também colocam em risco as operações das aeronaves.

É fato que após a implantação dos aeroportos no Brasil, sempre ocorre uma ocupação desordenada no entorno, fazendo com que pessoas se instalem em regiões que por lei são incompatíveis ao uso do solo. Essa ocupação é trazida pelas inúmeras infraestruturas adicionais que a planta aeroportuária traz para a região onde foi implantado, como sistema viário, energia, água, esgoto, etc. Dessa maneira, deve ser mantida uma legislação e um gerenciamento forte do uso do solo nessas regiões para que essa “invasão” não ocorra e que esse crescimento possa ser disciplinado.

Um caso típico de aeroporto onde ocorre esse descaso com a preservação do entorno é o Aeroporto de Congonhas na cidade de São Paulo, no qual hoje existem restrições de operações em vários níveis que vão desde o limite do horário de operação, cheque de motores, etc., inviabilizando por completo a sua ampliação.

Hoje, o único instrumento utilizável para preservar um sítio aeroportuário da ocupação irregular é através de projeto de lei disciplinando o uso do solo (DINATO, 2011).

Uma unidade aeroportuária pode trazer grandes benefícios para o município e para a região onde está situada, por trazer infraestrutura como dito anteriormente. Dentre esses benefícios pode-se citar geração de empregos, ampliação das possibilidades de negócios, induzindo e até mesmo acelerando o desenvolvimento da região. Um aeroporto necessita, para sua operação, da implantação de infraestrutura básica, adequada ao seu pleno funcionamento, incluindo energia elétrica, rede de esgoto, abastecimento de água, telefonia, correios, acesso rodoviário e transporte urbano. Toda essa infraestrutura, ao ser implantada em região desocupada e relativamente distante do centro urbano, transforma o local numa ótima opção para a expansão da malha urbana. Dessa forma, o aeroporto funciona como um forte indutor do desenvolvimento urbano.

Deve-se ressaltar que esse processo depende do porte da cidade e do seu grau de urbanização. Aquelas com menor grau de urbanização são mais sensíveis a este impacto, visto que carecem dessa infraestrutura. Assim, à medida que chega essa tecnologia para viabilizar a construção do aeroporto, o fluxo natural de expansão e ocupação urbana é vetorizado na sua direção, pois a população busca usufruir das benfeitorias implantadas.

Surge, então, o conflito de interesses, entre os ocupantes e o poder público, e a necessidade de impor restrições ao uso do solo, para evitar que a área do entorno do aeroporto seja ocupada com implantações que possam limitar ou impedir as operações aéreas, induzindo a sua interdição. Tais restrições tem por finalidade preservar a segurança na operação das aeronaves e a possibilidade de expansão do aeroporto, assim como proteger a comunidade contra o incômodo sonoro e o risco de acidentes.

Segundo o **Manual de Gerenciamento do Uso do Solo no Entorno de Aeródromos**, do IAC, a proteção e a prevenção desta situação serão alcançadas, principalmente, devido às restrições incluídas nos Planos de Zona de Proteção de Aeródromos (ZPA) e de Zoneamento de Ruído (ZR), previstos pela Portaria nº1. 141/GM5/87 e na Área de Segurança Aeroportuária (ASA), definida na Resolução CONAMA nº4/95.

Como a atividade aeroportuária é modificadora do meio ambiente essa implantação e posterior operação de um aeroporto dependerá da elaboração dos Estudos de Impacto Ambiental – EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, assim como do desenvolvimento do processo de Licenciamento Ambiental, estabelecidos respectivamente pelas Resoluções CONAMA nº 1/86 e nº 237/97. Assim sendo, a adoção das medidas preventivas e mitigadoras, bem como a implementação de programas de acompanhamento e monitoramento dos impactos negativos identificados nos EIA/RIMA, também contribuem para a diminuição dos possíveis conflitos de interesse.

Além disso, conta-se ainda nesse processo com uma ativa participação das Administrações Municipais e Estaduais, como citado anteriormente, nos processos de zoneamento urbano, de permissão para instalação e fiscalização de atividades humanas e do uso do solo, de forma a prevenir que as implantações de novas atividades possibilitem situações de conflito com os usos pré-existentes.

Nesse sentido o **Manual de Gerenciamento do Uso do Solo no Entorno de Aeródromos**, documento emitido pela IAC, tem por objetivo orientar o trato dos assuntos relacionados ao aproveitamento das propriedades no entorno dos aeródromos, considerando as restrições acima definidas.

A segurança operacional dos aeroportos é motivo de grande preocupação por parte da OACI. Essa organização introduziu diversas modificações em suas normas, estabelecendo necessidade de certificação operacional dos aeroportos com tráfego internacional e implementou um amplo Programa Universal de Auditoria em Segurança Operacional, no intuito de reduzir os riscos nas operações aéreas.

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

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

- Resolução CONAMA nº 4, de 9 de outubro de 1995, que trata da Área de Segurança Aeroportuária;
- Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica nº 139, Certificação Operacional de Aeroportos, de 27 de novembro de 2003; e
- Portaria nº 398/GM5, de 4 de junho de 1999, que dispõe sobre a aplicação do Anexo 14 à Convenção de Aviação Civil Internacional no Território Nacional.

No que se refere às implantações de natureza perigosa que podem se constituir em focos de atração de aves, as restrições são determinadas no art. 46 da Portaria nº 1.141/GM5, de 08 de dezembro de 1987, para as áreas de Aproximação e de Transição dos aeródromos e helipontos, e na Resolução CONAMA nº 4, de 9 de outubro de 1995, que criou a Área de Segurança Aeroportuária (ASA) (Manual de Gerenciamento do Uso do Solo no Entorno de Aeródromos).

De acordo com o embasamento jurídico do assunto do gerenciamento do solo no entorno de aeródromos, mostrado acima, se constata que as **Administrações Municipais** têm a maior parcela de responsabilidade na fiscalização e no acompanhamento da ocupação das áreas localizadas no entorno dos aeródromos. Dessa forma, a omissão das Prefeituras Municipais na fiscalização e no adequado tratamento dos assuntos relacionados ao uso do solo urbano pode representar grande ameaça para o desenvolvimento e a operação dos aeródromos.

O acompanhamento desse gerenciamento do uso do solo, constitui-se, com já mencionado, numa atividade que envolve vários órgãos da administração pública como Prefeituras Municipais, Administração Aeroportuária, Órgãos Ambientais do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA, bem como organizações do Comando da Aeronáutica (DAC,

DECEA, COMAR, IAC e SERAC). Assim, com essa conjunção de órgãos pode-se dizer que a Constituição Federal, através do seu artigo 30, por exemplo, estipula que compete aos municípios suplementar a legislação federal e a estadual no que couber e, ainda, promover adequado ordenamento territorial, mediante controle do uso, parcelamento e da ocupação do solo urbano. Já o Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica nº 139 (RBHA 139), Parte 139.427, estabelece como obrigação da **Administração Aeroportuária Local** a elaboração de um programa de controle do uso do solo no entorno do aeroporto. No que concerne aos demais órgãos mencionados anteriormente, a Portaria nº 1.141/GM5, em seu Capítulo XIII, atribui as respectivas competências para a fiscalização, autorização para aproveitamento, elaboração de planejamento etc., do uso do solo no entorno das unidades aeroportuárias.

Vale ressaltar que todas essas ações devem se basear nos **Planos de Zona de Proteção de Aeródromo (ZPA)** e de **Zoneamento de Ruído (PZR)**, bem como na Área de Segurança Aeroportuária. Onde o **PZA** é um documento que visa estabelecer o espaço aéreo que deve ser mantido livre de obstáculos, a fim de permitir que as operações de pouso e decolagem sejam conduzidas de forma segura e evitando que obstáculos sejam implantados e possam restringir a capacidade operacional do aeródromo. E o **PZR** que é composto por curvas de níveis de ruído e por restrições ao uso do solo nas áreas abrangidas pelas mesmas e que é um instrumento para ordenamento da implantação, do uso e do desenvolvimento de atividades já localizadas ou que venham a se localizar no entorno dos aeródromos, em função do ruído aeronáutico.

Conforme a Portaria nº 1.141/GM5, o aproveitamento do solo em área contida em Plano de Zoneamento de Ruído (PZR) deverá ser autorizado pelo Departamento de Aviação (DAC), obedecendo aos trâmites legais, estabelecidos no artigo 74.

Maiores detalhes a respeito dos Planos de Zoneamento de Ruído e das Zonas de Proteção de Aeródromos e suas metodologias, assim como acesso aos detalhes de legislação que regem esse gerenciamento (como os artigos dos regulamentos e portarias) estão no Manual de Gerenciamento do Uso do Solo no Entorno de Aeródromos, emitido pelo IAC, do Departamento de Aviação Civil do Comando de Aeronáutica.



**Figura 20- Croqui de um Plano Básico de Zona de Proteção de Aeródromo (PBZPA)**

Fonte: Manual de Gerenciamento do Uso do Solo no Entorno de Aeródromos

Visto que muitas atividades desenvolvidas em meio urbano são incompatíveis com o ruído produzido por aeronaves, o Plano de Zoneamento de Ruído (PZR) tem o objetivo de nortear o ordenamento de uso e ocupação do solo no entorno dos aeroportos.

O PZR se divide em PBZR que é o Plano Básico de Zoneamento de Ruído e PEZR que é o Plano Específico de Zoneamento de Ruído. De acordo com o Manual de Gerenciamento do Solo do IAC existem categorias para as pistas de Aviação de acordo com o porte e os tipos de aeronaves que operam e número de movimentos nos períodos diurno e noturno projetado para um número de anos no futuro. Assim, a categoria da pista que determina se será elaborado o PBZR ou o PEZR para o determinado aeroporto.

A portaria 1141 classifica as pistas dos aeroportos em seis categorias, as quais são descritas a seguir:

- Categoria I – Pista de Aviação Regular de Grande Porte de Alta Densidade – Pista na qual haja ou esteja prevista, num período de até 20 anos, a operação de aeronaves da aviação regular de grande porte, cuja soma de pousos e decolagens, existente ou prevista, seja igual ou superior a seis mil movimentos anuais ou que o número de operações, no período noturno destes tipos de aviação, seja superior a 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 anos, a operação de aeronaves da aviação regular de grande porte, cuja soma de pousos e decolagens, existente ou prevista, seja inferior a seis mil movimentos anuais e que o número de operações, no período noturno destes tipos de aviação, não seja superior a dois movimentos ou cuja soma de pousos e decolagens, existente ou prevista, seja inferior a 3.600 movimentos

anuais e que exista operação noturna, porém com o número de operações deste tipo de aviação igual ou inferior a dois movimentos;

- Categoria III – Pista de Aviação Regular de Grande Porte de Baixa Densidade – Pista na qual haja prevista, num período de até 20 anos, a operação de aeronaves da aviação regular de grande porte, cuja soma de pousos e decolagens, existente ou prevista, seja inferior a 3.600 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 anos, a operação de aeronaves da aviação regular de médio porte, cuja soma de pousos e decolagens, existente ou prevista, seja igual ou superior a 2.000 mil movimentos anuais ou em que o número de operações, no período noturno deste tipo de aviação, seja superior a 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 anos, a operação de aeronaves da aviação regular de médio porte, cuja soma de pousos e decolagens, existente ou prevista, seja inferior a 2.000 movimentos anuais ou em que o número de operações, no período noturno deste tipo de aviação, seja igual ou inferior quatro movimentos.
- Categoria VI – Pista de Aviação de Pequeno Porte - Pista na qual haja ou esteja prevista, num período de até 20 anos, somente a operação da aviação não regular de pequeno porte.

Baseado nessas categorias, o PBZR se destina a aeroportos com pistas de categorias II, III, IV, V e VI. Já o PEZR é destinado aos aeroportos com pistas de categoria I e deve ser proveniente de um estudo das especificidades dos aeroportos e da região onde estão inseridos. Sabe-se através da Portaria nº 398/GM5, de 4 de junho de 1999, que o anexo 14 da convenção de Chicago tornou-se oficialmente uma diretriz para a implantação de aeroportos, complementando e/ou substituindo os parâmetros da Portaria 1141 e que as curvas de ruído DNL65 e DNL75 são utilizadas para a realização dos PEZR.

Embora não haja nenhuma indicação na Portaria 1141 de como as curvas de ruído do PEZR devam ser incorporadas às regiões circundantes dos aeroportos, observa-se que, normalmente, as curvas de ruído são conformadas ao desenho urbano, tomando a forma dos logradouros que as interceptam (ROCHA, 2010). A figura a seguir representa esse detalhe:

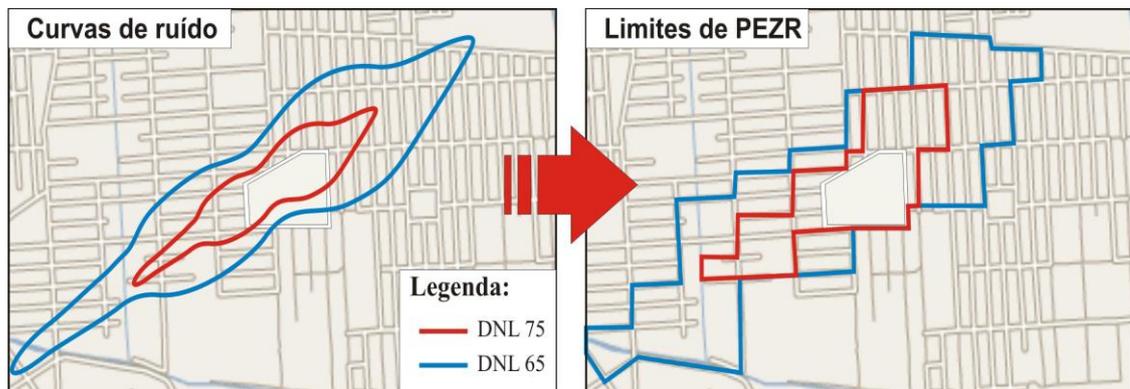


Figura 21 - Adequação das curvas de ruído ao arruamento  
Fonte: ROCHA, 2010

Assim como no Plano Básico, as áreas do PEZR, referidas como áreas especiais aeroportuárias (AEAs), são delimitadas pelas curvas de ruído, mas a quantidade e as restrições ao uso e ocupação das AEAs são determinadas, também, pelas condições urbanas existentes no entorno do aeroporto, tais como: a área que é ou será afetada, a situação do adensamento urbano, a localização das diversas atividades, o nível de sua sensibilidade ao ruído aeronáutico, a legislação urbana local etc. (IAC, 2004).

Desta forma, podem existir muitas AEAs no PEZR de um aeroporto e as restrições impostas às futuras atividades nelas desenvolvidas podem estar atreladas às condições de isolamento sonoro oferecidas pelas edificações que as abrigarão, havendo, também, a possibilidade de alguma restrição de uso para áreas externas à curva de ruído II (IAC, 2004).

Como exemplo pode-se analisar o PEZR do aeroporto de Recife e as respectivas restrições impostas na ocupação, na figura e na tabela a seguir, que possui 23 (vinte e três) AEAs, sendo que para algumas existe permissão de ocupação por atividades sensíveis ao ruído desde que exista um isolamento sonoro adequado.

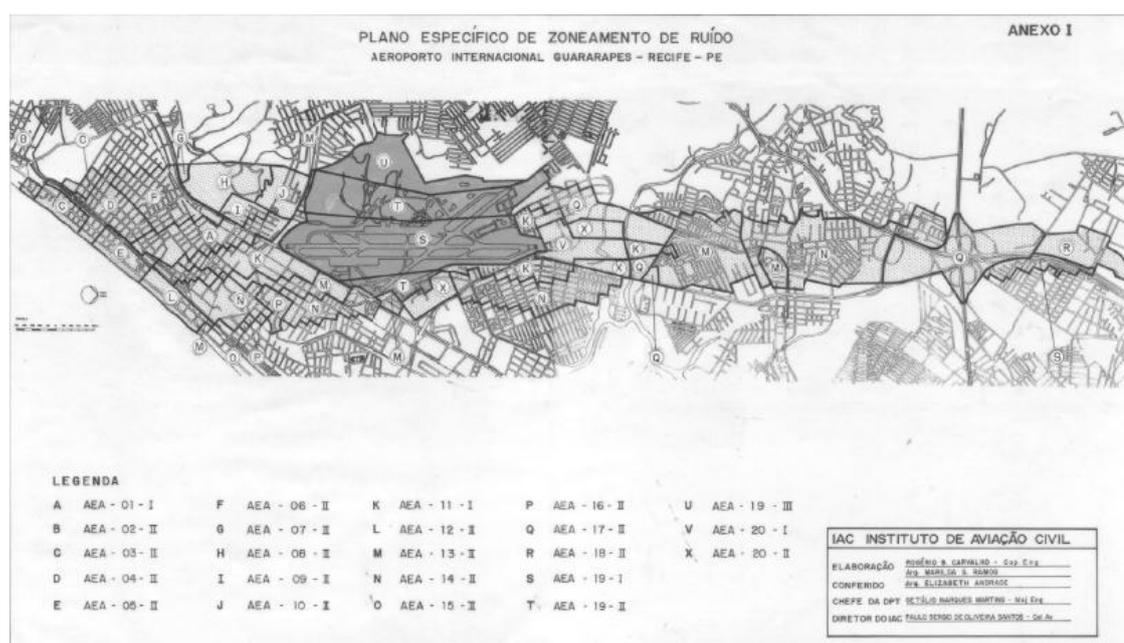


Figura 22- PEZR do aeroporto internacional dos Guararapes – Recife  
Fonte: BRASIL (1997)

Quadro 9: Restrições às diversas atividades no entorno do aeroporto dos Guararapes – Recife impostas pelo PEZR ao município de Recife.

Área Especial Aeroportuária AEA	CATEGORIAS DE USO			Número Máximo de Pavimentos Habitáveis para Residências Multifamiliares e Apart-hotel	Redução de Ruído Necessária (dBA)	
	PERMITIDO	PERMITIDOS COM RESTRIÇÃO	PROIBIDOS		Res.	Esc.
AEA-11-I	AL	C(1)/ST(1)/RL(1)/I(1)	HU/HM/HC/ PS/SA/SE/ SC/SR	-	-	-
AEA-12-II	AL	HU(3)/HM(3)/C(2)/ST(2)/ SH(3)/RL(2)/I(2)	HC/PS/SA/ SE/SC/SR	11	40	30
AEA-13-II	AL	HU(3)/C(2)/ST(2)/ RL(2)/I(1)	HM/HC/PS/SA/ SE/SC/SR	-	35	25
AEA-14-II	AL	HU(3)/HM(3)/C(2)/ST(2)/ SH(3)/RL(2)/I(2)	HC/PS/SA/SE /SC/SR	4	35	25
AEA-15-II	AL	HU(3)/HM(3)/C(2)/ST(2)/ SH(3)/RL(2)/I(2)	HC/PS/SA/SE /SC/SR	8	30	20
AEA-16-II	AL	HU(3)/HM(3)/C(2)/ST(2)/ SH(3)/RL(2)/I(2)	HC/PS/SA/ SE/SC/SR	6	30	20
AEA-17-II	AL	C(2)/ST(2)/RL(2)/I(2)	HU/HM/HC/ PS/SA/SE/ SC/SR	-	35	25
AEA-18-II	Área da Cidade Universitária determinados usos poderão ser permitidos com restrição de acordo com análise especial do DAC.		HU/HM/HC/ PS/SA/SC/SR	-	30	20
AEA-19 I/II	Área Patrimonial do Aeroporto determinados usos poderão ser permitidos sem restrição de acordo com análise especial do DAC		HU/HM/HC/ PS/SA/SE/SC/SR	-	35	25
AEA-19-III	Área Patrimonial do Aeroporto - Área sem Restrição					
AEA-20 I/II	Área de expansão do aeroporto de acordo com Decreto nº 19461 de 03 de Dezembro de 1996.		HU/HM/HC/ PS/SA/SE/SC/ SR	-	35	25

Fonte: BRASIL (1997).

Assim, nesse contexto o “*encroachment*” pode ser considerado como a existência de uma população significativa submetida aos efeitos adversos do ruído do aeroporto, mesmo que fora das áreas de restrição de uso estabelecidas pelo zoneamento aeroportuário.

Observa-se que, a pesar do zoneamento realizado de uma forma compatível à legislação aeroportuária baseada na métrica DNL, existem populações situadas em regiões restritas a ocupação e que sofrem efeitos adversos do ruído. E existem ainda, as que não se encontram em áreas restritas e que também percebem os efeitos adversos desse ruído. Seja esse fato decorrente do problema da métrica adotada ou do não cumprimento da determinação da legislação aeroportuária, é fato que o impacto do ruído sobre as pessoas não é desejado.

Independente das divergências quanto ao método utilizado para zoneamento urbano a metodologia utilizada no Brasil para analisar o encroachment é baseada no Plano de Zoneamento do Ruído do Aeroporto.

## 11 - ESTUDO DE CASO: AEROPORTO INTERNACIONAL DE ARACAJÚ

### 11.1 - O AEROPORTO INTERNACIONAL DE ARACAJÚ



**Figura 23 - Entrada do aeroporto de Aracaju**

Fonte: Aracaju Convention & Visitors Bureau

**O Aeroporto Internacional de Aracaju - Santa Maria (IATA: AJU, ICAO: SBAR)** é um aeroporto brasileiro, situado na cidade de Aracaju, no estado de Sergipe. Está situado em uma área de mais de 5 milhões de metros quadrados. Diariamente, cerca de 6 mil pessoas circulam pelo terminal. Mais 900 funcionários trabalham no complexo aeroportuário para atender uma média mensal de 100 mil passageiros.

Diariamente, o aeroporto possui operações intensas de helicópteros com o intuito de transportar funcionários para as plataformas de petróleo, localizadas no litoral de Sergipe. Dista 10 km do centro de Aracaju e fica na região sul da cidade a 3,5km das principais praias e hotéis

da capital. Além dos voos regulares diários da TAM, GOL/VARIG, AVIANCA, TRIP e AZUL, o aeroporto recebe nos meses de janeiro e fevereiro, voos fretados da companhia aérea uruguaia PLUNA. Segundo a Infraero, no ano de 2011 o aeroporto recebeu 47 voos internacionais. Em 2012, o Aeroporto completará 60 anos de operacionalidade. Como brinde à festa, em 2011 alcançou a marca de mais de 1 milhão de passageiros transportados anualmente. Além disso, o aeroporto se consagra como um dos que mais consistentemente crescem no país, segundo o aumento contínuo em altas margens percentuais dos dados divulgados pela Infraero nos últimos anos.

Sua história tem início no dia 30 de outubro de 1952, com a construção de uma pista de pouso de 1.200 metros de comprimento, porém, a operacionalização só se efetivou em 1958, após a construção da estrada de acesso.

A inauguração Oficial aconteceu no dia 19 de janeiro de 1958, quando um bimotor Supercover 440 da Real, procedente de Recife, trouxe o presidente Juscelino Kubitschek a Aracaju, marcando o início do funcionamento do aeroporto. Há mais ou menos 1 ano depois de começar a operar aconteceu o primeiro e único acidente no aeroporto, um DC-3 da Linhas Aéreas Paulistas, LAP sobrevoou a pista do aeroporto e caiu matando todos os passageiros, inclusive o ex - governador do Rio Grande do Norte, Dixt Sept Rosado.

Três anos depois, em 1961, foi dado início à primeira ampliação da pista de pouso e do terminal de passageiros, sendo inaugurado em 1962. Naquela época, Aracaju contava com um dos mais modernos aeroportos do nordeste. O edifício do terminal passou dos 800m<sup>2</sup> para 1.200m<sup>2</sup> e ganhou novas áreas para embarque e desembarque. O saguão foi ampliado, criando novas salas para a DAC e a FAB.

O pátio tinha capacidade para atender todas as aeronaves das empresas aéreas que voavam para a capital (Varig, Panair do Brasil, Consórcio Real, Cruzeiro do Sul, Vasp, Lóide e Sadia), operando com quadrimotores Douglas DC-4 e DC-6.

Em fevereiro de 1975, o Aeroporto de Aracaju foi incorporado à administração da Infraero, sendo aplicados novos investimentos, como a criação do novo terminal de cargas, a implantação da SCI (Seção Contra Incêndio) e aumento da pista em 200m.

Em novembro de 1993, a Infraero inaugurou a ampliação da pista em 500m, passando para os atuais 2.200m. Pouco mais de 3 anos após a reforma da pista, inicia-se a construção de um novo complexo aeroportuário. Com a obra, inaugurada em setembro de 1998, o terminal de passageiros passa a ter 8.000 m<sup>2</sup>, com capacidade para atender a aproximadamente um milhão de passageiros por ano. Foi construída uma área para estacionamento com capacidade para 300 vagas, climatização das salas de embarque e desembarque, elevadores, escadas rolantes, sistema de TV e vigilância e sistemas informativos de voos.



**Figura 24 - Foto aérea da pista**

## 11.2 – INFORMAÇÕES TÉCNICAS ATUAIS

**Tipo:** Público

**Administração:** INFRAERO e FAB com o \*SCDTA – AR

\*SCDTA: Sistema de Controle de Tráfego Aéreo de Aracajú

**Código IATA:** AJU

**Código ICAO:** SBAR

### **Dados do atual terminal:**

- Área do sítio aeroportuário: 5.925.502,59 m<sup>2</sup>
- Área do pátio das aeronaves: 22.356 m<sup>2</sup>
- Área do terminal de passageiros: 10.600 m<sup>2</sup>
- Capacidade do estacionamento de carros: 201 vagas

### **Com o novo terminal:**

- Capacidade de passageiros por ano: 4.300.000
- Área do pátio das aeronaves: 33.568 m<sup>2</sup>
- Área do terminal de passageiros: 36.042 m<sup>2</sup>
- Capacidade do estacionamento de carros: 1077 vagas

### **Características Físicas**

Elevação do aeroporto: 7m (altitude)

Temperatura: 31°C

Pista atual: 11R/29L ; comprimento: 2200m ; largura: 45 m ; superfície: asfalto

Movimentos em 2012: 1.373.401 passageiros ; 20.000 aeronaves

Capacidade anual: 1,3 milhões de passageiros (atual) ; 4,3 milhões (após reforma)

Total de movimentos: 175.000 mov / ano (ao final da implantação final do PDIR)

### Demanda de movimento anual

A figura a seguir mostra um quadro da evolução do tráfego anual de movimentos de passageiros, aeronaves e o agregado de carga e mala postal, do Aeroporto de Aracajú – Santa Maria (SBAR), no período 2006 – 2009, segundo Boletim de Informações Gerais da INFRAERO – BIG.

Quadro 1 - Evolução do Tráfego (2006-2009)

	2006	2007	2008	2009
<b>Movimento de Passageiros (Embarcados+Desembarcados)</b>				
Doméstico Regular	540.782	643.455	622.494	697.174
Internacional Regular	–	–	–	–
Doméstico Não Regular	46.598	45.981	45.459	27.586
Internacional Não Regular	84	–	–	–
Aviação Geral	2.255	2.204	1.824	2.919
<b>Total Geral</b>	<b>589.719</b>	<b>691.640</b>	<b>669.777</b>	<b>727.679</b>
<b>Movimento de Aeronaves (Pousos+Decolagens) – Passageiros e Cargueiras</b>				
<b>Movimento de Aeronaves de Passageiros (Pousos+Decolagens)</b>				
Doméstico Regular	9.134	8.897	7.667	8.171
Internacional Regular	–	–	–	–
Doméstico Não Regular	6.393	7.421	7.810	4.834
Internacional Não Regular	14	2	–	–
Aviação Geral	1.293	1.295	1.476	1.910
<b>Total</b>	<b>16.834</b>	<b>17.615</b>	<b>16.953</b>	<b>14.915</b>
Asa Rotativa	4.550	6.717	7.191	3.932
<b>Movimento de Aeronaves Cargueiras e da Rede Postal Noturna (Pousos+Decolagens)</b>				
Doméstico Regular	–	–	–	–
Internacional Regular	–	–	–	–
Doméstico Não Regular	825	1.353	678	–
Internacional Não Regular	–	–	–	–
<b>Total</b>	<b>825</b>	<b>1.353</b>	<b>678</b>	<b>–</b>
<b>Total Geral</b>	<b>17.659</b>	<b>18.968</b>	<b>17.631</b>	<b>14.915</b>
<b>Movimento de Carga e Mala Postal (Carregada+Descarregada) – Kg</b>				
Doméstico Regular	1.863.017	1.828.030	2.291.858	2.158.484
Internacional Regular	–	–	–	–
Doméstico Não Regular	549.529	817.738	212.543	24.384
Internacional Não Regular	–	–	–	–
<b>Total Geral</b>	<b>2.412.546</b>	<b>2.645.768</b>	<b>2.504.401</b>	<b>2.182.868</b>

**Figura 25 - Evolução do tráfego para o Aeroporto de Aracajú 2006-2009**

Fonte: Boletim de Informações Gerenciais da INFRAERO – BIG

Já a próxima figura mostra um quadro de projeção para os próximos 5, 10 e 15 anos emitido pelo mesmo Boletim de Informações Gerenciais da INFRAERO – BIG.

Quadro 2 - Projeções da Demanda

	2014			2019			2029		
	Pessimista	Média	Otimista	Pessimista	Média	Otimista	Pessimista	Média	Otimista
<b>Movimento de Passageiros (Embarcados+Desembarcados)</b>									
Doméstico Regular	1.425.454	1.657.505	1.889.555	1.949.231	2.240.496	2.531.760	3.070.049	3.611.822	4.153.596
Internacional Regular	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Doméstico Não Regular	57.811	67.222	76.633	81.867	94.100	106.333	138.152	162.532	186.911
Internacional Não Regular	867	1.008	1.149	1.364	1.568	1.772	2.763	3.250	3.738
Aviação Geral	3.691	4.291	4.892	4.980	5.724	6.469	7.359	8.657	9.956
<b>Total Geral</b>	<b>1.487.018</b>	<b>1.729.090</b>	<b>1.971.162</b>	<b>2.037.442</b>	<b>2.341.888</b>	<b>2.646.334</b>	<b>3.218.323</b>	<b>3.786.261</b>	<b>4.354.201</b>
<b>Movimento de Aeronaves (Pousos+Decolagens) – Passageiros e Cargueiras</b>									
<b>Movimento de Aeronaves de Passageiros (Pousos+Decolagens)</b>									
Doméstico Regular	14.162	16.468	18.773	17.971	20.657	23.342	26.215	30.841	35.467
Internacional Regular	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Doméstico Não Regular	6.826	7.937	9.049	8.451	9.714	10.976	12.132	14.273	16.415
Internacional Não Regular	98	114	130	148	170	193	201	237	272
Aviação Geral	3.075	3.576	4.077	3.831	4.403	4.976	5.451	6.413	7.375
<b>Total</b>	<b>24.161</b>	<b>28.095</b>	<b>32.029</b>	<b>30.401</b>	<b>34.944</b>	<b>39.487</b>	<b>43.999</b>	<b>51.764</b>	<b>59.529</b>
Asa Rotativa	9.331	10.850	12.369	13.002	14.944	16.887	21.489	25.282	29.074
<b>Movimento de Aeronaves Cargueiras e da Rede Postal Noturna (Pousos+Decolagens)</b>									
Mercado Doméstico	392	456	520	554	636	719	770	906	1.041
Mercado Internacional	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>392</b>	<b>456</b>	<b>520</b>	<b>554</b>	<b>636</b>	<b>719</b>	<b>770</b>	<b>906</b>	<b>1.041</b>
<b>Total Geral</b>	<b>24.553</b>	<b>28.551</b>	<b>32.549</b>	<b>30.955</b>	<b>35.580</b>	<b>40.206</b>	<b>44.769</b>	<b>52.670</b>	<b>60.570</b>
<b>Movimento de Carga+Mala Postal (Carregada+Descarregada) - Kg</b>									
Doméstico Regular	2.972.232	3.496.744	4.021.255	4.196.092	5.245.116	6.294.139	8.025.027	9.441.209	10.857.390
Internacional Regular	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Doméstico Não Regular	114.665	120.700	126.735	222.692	247.436	272.180	410.126	482.501	554.876
Internacional Não Regular	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total Geral</b>	<b>3.086.897</b>	<b>3.617.444</b>	<b>4.147.990</b>	<b>4.418.784</b>	<b>5.492.552</b>	<b>6.566.319</b>	<b>8.435.153</b>	<b>9.923.710</b>	<b>11.412.266</b>

**Figura 26 - Projeções de demanda de tráfego para o Aeroporto de Aracajú**

Fonte: Boletim de Informações Gerenciais da INFRAERO – BIG.

### 11.3 - FERRAMENTA APLICADA: *INTEGRATED NOISE MODEL* – INM

As curvas do PZR são geradas a partir de uma simulação com o software INM (*Integrated Noise Model*) que tem como dados de entrada o número de movimentos médio, os procedimentos operacionais, os tipos de aeronaves que operam e dados meteorológicos. A métrica de saída para a simulação utilizada é o DNL por ser a que mais se aproxima do IPR,

métrica adotada pelo governo brasileiro para medir o grau de incomodo sonoro. Esses resultado obtidos pelo processamento do INM são os traçados de curvas de mesmo incomodo sonoro para a métrica adotada, sendo que a curva de nível de ruído é o valor médio do somatório de todos os ruídos produzidos pela operação de aeronaves durante um ano.

Esse programa é muito utilizado pelos órgãos governamentais brasileiros para gera as curvas isofônicas dos principais aeroportos. O INM possui uma base de dados operacionais das principais aeronaves fabricadas. O núcleo dos modelos de cálculo é baseado em documentos elaborados pela Society of Automotive Engineers – SAE – Aviation Noise Committee (A-21). Os módulos computacionais também estão em conformidade com outras entidades internacionais, como a ICAO e European Civil Aviation Conference – ECAC.

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

Como dados aeroportuários estão:

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

- Inclinação longitudinal da pista de pouso

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

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

Informações essas oferecidas pelo Comando de Aeronáutica.

#### 11.4 - PLANO DE ZONEAMENTO DO RUÍDO DO AEROPORTO INTERNACIONAL DE ARACAJÚ – PEZR SBAR

Com o objetivo de amenizar o problema do ruído, o Comando da Aeronáutica criou o Plano de Zoneamento do Ruído (PZR) que é um instrumento para ordenamento da implantação, do uso e do desenvolvimento de atividades já localizadas ou que venham a se localizar no entorno dos aeródromos, em função do ruído aeronáutico.

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

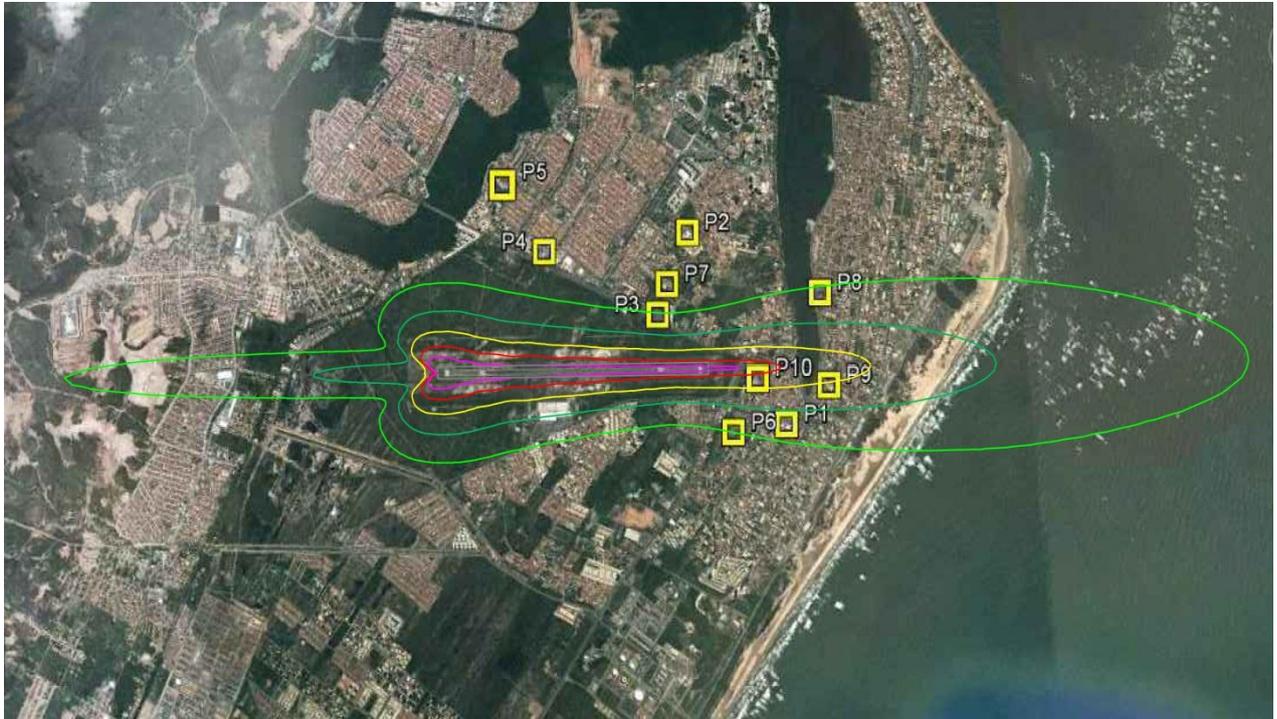
Para o caso deste trabalho será elaborado o PEZR para o aeroporto de Santa Maria. Esse plano de zoneamento conta com seis curvas de mesmo nível de ruído que separam a área do mapa do entorno do aeródromo em sete regiões que apresentam níveis diferentes.

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

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

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

A seguir está plotado no mapa da região do aeroporto Internacional de Santa Maria, em Aracajú, as curvas de ruído do PEZR para o aeródromo:



LEGENDA:

85 dB(A)

80 dB(A)

75 dB(A)

70 dB(A)

65 dB(A)

**Figura 27 - PEZR do Aeroporto de Aracajú**

## 12 - ANÁLISE DE PONTOS CRÍTICOS NO ENTORNO DO AEROPORTO

O software INM gerou, baseado no histórico dos movimentos do aeroporto as curvas de níveis de ruído no entorno da pista que compõem o PEZR do aeroporto e o nível sonoro para alguns pontos específicos que são considerados críticos. Para as curvas do PEZR foi utilizada a métrica DNL ponderada em A. Já para os pontos críticos, os níveis foram calculados em 3 métricas diferentes:  $L_{eq}D(A)$ ,  $L_{eq}N(A)$  e DNL. A tabela a seguir mostra os níveis para os pontos críticos:

**Quadro 10 – Níveis locais em pontos do entorno em várias métricas**

	DNL		L(A) D		L(A) N	
	Ponto	dB(A)	Ponto	dB(A)	Ponto	dB(A)
<b>Faculdade Atlântico</b>	P1	64,4	P1	58,5	P1	52,9
<b>Igreja de Jesus Cristo</b>	P2	51,2	P2	45,2	P2	40,5
<b>Pousada Nuance</b>	P3	59,5	P3	53,5	P3	48,6
<b>Banco do Brasil</b>	P4	50,9	P4	44,9	P4	40,0
<b>Escritório Imobiliário</b>	P5	46,8	P5	40,8	P5	35,9
<b>Condomínio Estrela do Mar</b>	P6	63,2	P6	57,2	P6	52,0
<b>Condomínio Residencial Costa Azul</b>	P7	55,4	P7	49,4	P7	44,6
<b>Apart Hotel Residence</b>	P8	59,7	P8	53,8	P8	48,4
<b>Pousada Atalaia</b>	P9	67,5	P9	61,6	P9	54,6
<b>Cemitério Helena Alves Bandeira</b>	P10	71,1	P10	65,2	P10	57,3

Esses valores serão aqui confrontados com os valores estabelecidos pelas normas responsáveis por determinar o compatibilidade ou incompatibilidade de uso e ocupação do solo no entorno de aeroportos. Essas normas são:

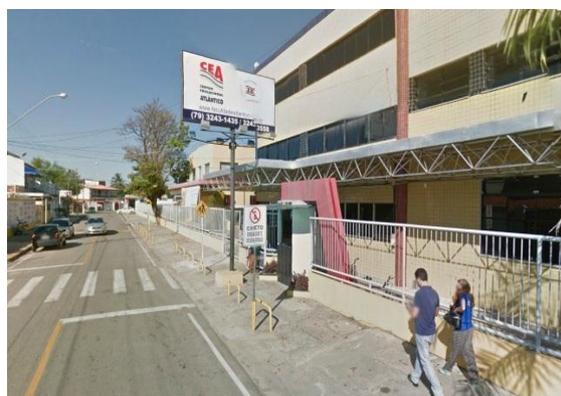
- ABNT NBR 10.151: Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade.
- ABNT NBR 10.152: Níveis de ruído para conforto acústico
- Regulamento Brasileiro de Aviação Civil – RBAC N° 161, Emenda N° 00

A norma NBR 10.151 estabelece os níveis de critério de avaliação para ambientes externos, em dB(A) e utiliza as métricas LeqD para o período diurno e LeqN para o noturno. Já a NBR 10.152 avalia os níveis para ambientes internos dos diversos tipos e estabelece um intervalo de níveis para cada tipo de área. E o RBAC 161 exibe um quadro de classificação das áreas e estabelece um intervalo de níveis dentro dos quais o uso é compatível, restrito ou condicionado. Para um melhor entendimento deve-se consultar as normas.

## 12.1 – RECEPTOR CRÍTICO 1 (P1): FACULDADE ATLANTICO



**Figura 28 - Aérea Faculdade Atlântico**  
Fonte: Google



**Figura 29 - Fachada Faculdade Atlântico**  
Fonte: Google

Pra iniciar a análise dos pontos críticos escolhidos, o ponto P1, onde está localizada uma faculdade. A simulação revelou níveis sonoros no ponto muito perto ou acima dos valores estipulados pelas normas. Segundo o RBAC 161, que utiliza a métrica DNL na avaliação dos níveis, os pontos que tem nível entre 65 – 70 dB(A) e estão enquadrados em uso residencial, têm o uso restrito a medidas de redução de ruído de pelo menos 25 dB (quando o uso for permitido). Ou seja esse ponto tem a permissão do uso para tal finalidade condicionada às medidas de mitigação do ruído.

Já, segundo as normas ABNT esse uso se mostra **incompatível**. Segundo a NBR 10.151, para áreas estritamente residenciais urbanas os valores externos em dB(A) devem ser, para o período diurno de 50 e para noturno de 45. O resultado da simulação mostrou valores de  $L_{eqD}(A)$  de 58,5 dB e  $L_{eqN}(A)$  de 52,9 dB, ambos acima da norma.

Ainda segundo a NBR 10.152 o valor do  $L_{eqD}(A)$  de 58,5 dB se mostra perigoso, pois se aproxima bastante do valor de 60 dB(A) que seria o valor limite para a área externa que após os limites físicos da construção (paredes e janelas) cairia para 50 dB(A).

## 12.2 – RECEPTOR CRÍTICO 3 (P3): POUSADA NUANCE



**Figura 30 - Aérea Pousada Nuance**

Fonte: Google



**Figura 31 – Fachada Pousada Nuance**

Fonte: Google

Outro exemplo de incompatibilidade a ser visto é a Pousada Nuance que está localizada bem próximo à pista. Da mesma forma que o receptor crítico P6 os valores em dB(A) se enquadram no RBAC 161 como área residencial abaixo de 65 dB(A) sem restrições quanto ao uso. Porém essa ocupação está em desacordo com a norma ABNT, NBR 10.151, de acordo com o valor estipulado para área estritamente residencial externa, que é de 50 dB(A) diurno e 45 dB(A) noturno. Os valores gerados estão acima, o que mostra **uso indevido** do solo.

### 12.3 – RECEPTOR CRÍTICO 6 (P6): CONDOMÍNIO ESTRELA DO MAR



**Figura 32 - Aérea Condomínio Estrela do Mar**

Fonte: Google

Igualmente para o receptor crítico 6, o nível DNL está abaixo de 65 dB(A) estando sem restrições quanto ao uso do solo para edificações de acordo com a RBAC 161. Entretanto o ponto está com o uso **incompatível**, se analisarmos sob a ótica da NBR 10.151 por se tratar de uma área estritamente residencial urbana. Os valores de nível equivalente deram 57,2 dB(A) diurno e 52 dB(A) noturno, ambos estando acima dos valores determinados pela norma.

## 12.4 – RECEPTOR CRÍTICO 7 (P7): CONDOMÍNIO RESIDENCIAL COSTA AZUL



**Figura 33 - Aérea Condomínio Costa Azul**

Fonte: Google



**Figura 34 - Fachada Condomínio Costa Azul**

Fonte: Google

O mesmo ocorre para o receptor crítico 7, que apresenta nível DNL de 55,4 dB(A) e de acordo com o RBAC 161 tem uso do solo para edificações sem restrição. Porém de acordo com a NBR 10.151 esse nível está acima do compatível para a região. Em se tratando de uma região estritamente residencial urbana o nível estabelecido pela norma é de 50 dB(A) para o período diurno e 45 dB(A) para o noturno. Logo os valores mostrados pela simulação estão muito próximos aos limites podendo ultrapassá-los em qualquer variação.

## 12.5 – RECEPTOR CRÍTICO 8 (P8): APART HOTEL RESIDENCE



**Figura 35 – Aérea Hotel Residence**

Fonte: Google



**Figura 36 – Fachada Hotel Residence**

Fonte: Google

O receptor 8 apresentou um nível na métrica DNL de 59,7 dB(A) estando assim abaixo de 65, tendo portanto o uso sem restrição de acordo com a RBAC 161. Porém essa interpretação não ocorre quando se analisa o ponto segundo a NBR 10.151. O local apresenta um  $Leq(A)$  Diurno de 53,8 dB(A) e Noturno de 48,4 dB(A). A região onde está localizado o Apart Hotel é estritamente residencial portanto, segundo a norma, deve ter nível máximo diurno de 50dB(A) e noturno de 45 dB(A). Logo os níveis de ruído diurno e noturno estão acima do recomendado, indicando uma **incompatibilidade**.

## 12.6 – RECEPTOR CRÍTICO 9 (P9): POUSADA ATALAIA



**Figura 37 – Aérea Pousada Atalaia**

Fonte: Google



**Figura 38 – Fachada Pousada Atalaia**

Fonte: Google

A RBAC 161, Emenda nº00 faz uma classificação das áreas onde estão as instalações, que se encontra detalhada na Subparte E (Uso do Solo), tabela E-2. Essa classificação é baseada no PEZR para o aeroporto e portanto tem como referência a métrica DNL para os níveis apresentados.

Baseado nos valores de níveis locais medidos para esse caso, na métrica DNL, observa-se que o ponto está em região com uso restrito. O receptor crítico P9, Pousada Atalaia, apresentou um nível medido de ruído de 67,5 dB(A), estando dessa maneira classificado na região 65 – 75 dB(A) da tabela E – 2. Essa região diz que, a instalação, por se tratar de uma pousada se enquadra no uso residencial de Alojamento Temporário como hotéis, dormitórios, pousadas, etc, e tem o uso considerado incompatível, a menos que sejam adotadas medidas para uma redução de ruído de pelo menos 25 dB(A).

Segundo a ótica da NBR 10.151, que trata de níveis de ruído para áreas externas, o ponto P9 está enquadrado em área estritamente residencial que deve apresentar nível de ruído

$L_{eq}(A)$  Diurno de 50 dB(A). O valor aferido para o local foi de 61,6 dB(A) estando **incompatível** com a norma. Assim como para o período noturno que deveria ser de no máximo 45 dB(A), apresentou valor de 54,6 dB(A).

Analisando também sob a NBR 10.152, esse receptor está enquadrado em hotéis e para os apartamentos deve-se ter um nível para aceitabilidade de 45 dB(A). Esse valor corrigido para o exterior é acrescido de 15 dB(A) de acordo com NBR 10.151 e vai para 60 dB(A). O valor encontrado para o  $L_{eq}(A)D$  (diurno) foi de 61,6 dB(A) o que mostra **incompatibilidade** do uso.

#### 12.7 – RECEPTOR CRÍTICO 10 (P10): CEMITÉRIO HELENA ALVES BANDEIRA.



**Figura 39 – Aérea Cemitério**

Fonte: Google



**Figura 40 – Fachada Cemitério**

Fonte: Google

Outro ponto é o receptor crítico P10, Cemitério Helena Alves Bandeira. Por se tratar de uma instalação que contem templo, capela, ou qualquer local de meditação, reza, que demande ambiente silencioso, está enquadrado na Tabela E-2 da subparte E do regulamento RBAC N°161 como de uso público equivalente a igreja. Como o nível medido foi de 71,1 dB(A), está na faixa de 65 – 75 da tabela e necessita de medidas de redução de ruído de pelo menos 30 dB para a ocupação.

Segundo a NBR 10.152, que trata de níveis de ruído para conforto acústico, esse receptor se enquadra no grupo de igrejas e templos (cultos meditativos) e deve apresentar nível máximo de ruído interno de 50 dB(A). Colocando a correção (redução) ocasionada por paredes e janelas de acordo com o item 6.2 da NBR 10.151 esse valor externo iria para 65 dB(A). O nível equivalente diurno,  $L_{eq}(A) D$ , medido foi de 65,2 dB(A) o que mostra que o uso está **incompatível** segundo tal norma.

Ainda segundo outra norma, a NBR 10.151, essa região onde se encontra o cemitério é tida como estritamente residencial urbana e deve apresentar nível máximo equivalente diurno de 50dB(A) e noturno de 45dB(A). Porém, apresenta nível diurno de 65,2 dB(A) e noturno de 57,3 dB(A). Esses valores de nível de ruído e a presença de residências está totalmente **incompatível**, também segundo a NBR 10.151.

## 13 – CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo apresentar os resultados dos estudos realizados acerca da proteção do entorno de aeroportos do impacto ambiental causado pelo funcionamento dos mesmos. Toda a atividade aeroportuária gera um nível de ruído que se propaga pelos arredores impactando quem esteja situado ali. Para se evitar tal problema é feito um mapeamento da propagação do ruído no entorno do aeroporto e então são determinadas regiões de ocupação irregular e outras de ocupação regular porém com restrições. Dessa forma se elaborou o Plano Específico de Zoneamento de Ruído – PEZR para o aeroporto de Aracajú, segundo a metodologia do RBAC 161. Os órgãos responsáveis pela administração aeroportuária apresentam essas simulações para mapeamento do ruído e os órgãos responsáveis pela administração pública se encarregam de fazer cumprir essas determinações. Porém o que se observa é que existem muitas irregularidades nessas ocupações. E vale lembrar que o Plano de Zoneamento de Ruído não garante que abaixo da região de nível 65 dB(A) não haverá incomodo por parte dos habitantes. O trabalho de Schultz e outros relacionados ao tema do incomodo demonstraram que o percentual de incomodados na faixa de 65 dB(A) é expressivo. E também, quando não existe um controle rigoroso quanto as restrições do terreno acontece adensamento urbano e a região passa a se caracterizar como residencial estando assim sujeitas as normas ABNT para áreas habitadas.

Para o caso de edificações que funcionem como hotéis ou pousadas é natural que os donos desses estabelecimentos queiram que eles estejam o mais próximos possível do aeroporto para que possam servir ao transito de pessoas do mesmo. Porém é fundamental que essa ocupação não ocorra dentro dos limites que tenham o uso incompatível para tal tipo de edificação de acordo com o PEZR ou com as normas ABNT para conforto acústico das comunidades (NBR 10.151 e 10.152).

No caso do uso residencial constata-se a presença de moradias em locais inadequados de acordo com os níveis estabelecidos em todas as normas, ou em algumas delas. Ocorre que em alguns casos o nível está de acordo em uma norma, porém infringe outra(s). Dessa forma, seria razoável que fosse utilizado o critério de segurança utilizado em engenharia que é o de escolher o valor crítico, nesse caso o menor como limitante.

Porém não resolve o problema somente existirem as normas e os valores estipulados como limites se não existir um controle rigoroso de ocupação do solo que é tarefa da administração pública. Não existindo esse controle rigoroso, ocorre a invasão da região afetada pelos altos níveis e o aumento dessa ocupação, caracterizando o “*encroachment*”. No caso apresentado aqui, muitas fotos aéreas revelam locais ainda em processo de urbanização. Com ruas semi-pavimentadas, porém já existindo moradias (edificações), estabelecimentos comerciais como escolas e hotéis e escritórios, sendo que os estudos aeroportuários já mostram a região do entorno afetada pelo ruído aeronáutico e que deveria ser protegida de ocupação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11415: *Ruído Aeronáutico*, (Brasil, 1990).

\_\_\_\_\_. NBR 12859: *Avaliação do impacto sonoro gerado por operações aeronáuticas* (Brasil, 1993).

\_\_\_\_\_. NBR 10151: *Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade* (Brasil, 2000).

\_\_\_\_\_. NBR 10152: *Níveis de ruído para conforto acústico* (Brasil, 1987).

ANAC – AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, <http://www.anac.gov.br/>

ANAC – AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, “Manual de Gerenciamento do Uso do Solo no Entorno de Aeródromos”.

\_\_\_\_\_. “Manual de Implementação de Aeroportos”.

Carvalho, L.A., J.G. Slama, A.P. Gama (2009) *Ferramenta de auxílio à aplicação da abordagem equilibrada em aeroportos brasileiros*, Sitraer, São Paulo.

Coelho, P.I. de Souza (2006) “*A Importância da Localização Aeroportuária na Qualidade do Ar – O Caso da Expansão do Aeroporto Santos Dumont na Cidade do Rio de Janeiro*”, Dissertação – UFRJ, Rio de Janeiro.

Dinato, A.C. (2011) “*Ruído Sonoro no Entorno de Aeroportos – Um Estudo de Caso no Aeroporto de Ribeirão Preto*”, Tese – USP, São Paulo.

EPA – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1974) “*Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Margin of Safety*”.

Fernandes, J.C. (2005) – Apostila de Acústica e Ruídos, Unesp, São Paulo

FICAN – FEDERAL INTERAGENCY COMMITTEE ON AVIATION NOISE (1997) “*Effects of Aviation Noise on Awakenings from Sleep*”.

Heleno, T.A. (2010) “*Uma Nova Metodologia de Zoneamento Aeroportuário com o Objetivo de Reduzir o Encroachment e os Efeitos Adversos do Ruído*”, Dissertação - UFRJ, Rio de Janeiro.

ICAO – INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION, *Aircraft Noise*, Annex 16, Volume 1 – Environmental Protection, Third edition (EUA, 1993).

\_\_\_\_\_ - *Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management*, Doc 9829 (EUA, 2004).

INFRAERO - EMPRESA BRASILEIRA DE INFRA-ESTRUTURA AEROPORTUÁRIA,  
<http://www.infraero.gov.br/>

\_\_\_\_\_, *Relatório Ambiental 2004/2005*.

Miller, J.D. (1974) “*Effects of Noise on People*”. *Journal of the Acoustical Society of America*.

Neto, A.G. (2010) “*Análise do Ruído Aeronáutico no Entorno do Aeroporto de São José dos Campos*”, Dissertação – UNITAU, São Paulo.

Rocha, R.B. (2009) “*Um Método para Adequação do Zoneamento Urbano à Influência Sonora dos Aeroportos com Auxílio de Sistemas de Informação Geográfica: O Caso do Aeroporto de Congonhas e seu Entorno*”, Dissertação – UFRJ, Rio de Janeiro.

RBAC –REGULAMENTO BRASILEIRO DE AVIAÇÃO CIVIL. N° 161, Emenda 00.

\_\_\_\_\_ N° 139. Emenda 00

\_\_\_\_\_ N° 154 Emenda 00

SAE - SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS, *Procedure for the Calculation of Airplane Noise in the Vicinity of Airports*, SAE AIR 1845 (EUA – 1986)

Slama, J.G. - Apostila do Curso de Acústica Ambiental, COPPE – UFRJ, 2007a.

\_\_\_\_\_ - Apostila do Curso de Ruído Aeroportuário, COPPE – UFRJ, 2007b.

Schultz, T.J. (1978), “*Synthesis of a social surveys on noise annoyance*”, *Journal of Acoustic Society of America*.

Sousa, D.S. (2004), “*Instrumentos de Gestão da Poluição Sonora para Sustentabilidade das Cidades Brasileiras*”, Tese - UFRJ, Rio de Janeiro.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION (1999) “*Guidelines for Community Noise*”.

## **ANEXO A**

### **RELATÓRIO SOBRE AS CURVAS DE RUÍDO PARA A IMPLANTAÇÃO FINAL DO AEROPORTO DE ARACAJU / SANTA MARIA – INFRAERO.**

**RELATÓRIO Nº008/PLIU/DOPL/DO/2012**

**DIRETORIA DE OPERAÇÕES**

**SUPERINTENDÊNCIA DE PLANEJAMENTO AEROPORTUÁRIO E DE OPERAÇÕES GERÊNCIA DE PLANEJAMENTO DE INTEGRAÇÃO URBANA**

**INFORMAÇÃO Nº 008/PLIU/DOPL/DO/2012**

**DATA:** 31/10/2012

**ASSUNTO:** Relatório sobre as Curvas de Ruído para a Implantação Final do Aeroporto de Aracaju / Santa Maria

---

**I – ORIGEM** – PLIU-1/PLIU

**II – DIFUSÃO** – DOPL/ANAC

**III – FINALIDADE** – Aprovação das curvas pela ANAC

---

## **IV – CONSIDERAÇÕES**

Este estudo contém as informações adotadas para a elaboração das curvas do Plano Diretor para o Aeroporto de Aracaju / Santa Maria.

### **Dados Gerais**

- 1. Software:** INM versão 7.0
- 2. Elevação do aeroporto:** 7 m
- 3. Temperatura:** 31° C

### **Movimentos**

Total de movimentos = 175.000 mov/ano.

O número total de movimentos adotado está de acordo com os dados do PDIR para a Implantação Final (referente à capacidade final dos sistemas balanceados).

### **Configuração de pistas:**

Configuração final com 2 pistas:

- Pista 11R/29L = 2.970 x 45m (Cab.29 - TORA = 2.970m; LDA = 2.685/ Cab11 – TORA= 2.685; LDA = 2.970)
- Pista 11L/29R = 1.780 x 45m ( LDA = TORA = 1.780m)

**Percentual de voos noturnos:** 24%

### **Distribuição de movimentos por pista**

Conforme orientações da Gerência de Análise Operacional – GPAN/Infraero, considerando que as operações devem ocorrer prioritariamente a partir da cabeceira 11, adotou-se a seguinte partição:

- Pista 11L/29R: Pouso e decolagem de aviação geral (faixa 1) e helicópteros; pouso de aeronaves comerciais narrow-body (pouso de todas aeronaves exceto faixa 6 e 7).
- Pista 11R/29L: pouso de aeronaves wide-body (pouso das aeronaves faixa 6 e 7) e decolagem da aviação comercial (faixas 3, 4, 5, 6 e 7).

OBS: Na implantação final, tendo em vista suas configurações, os helicópteros irão utilizar apenas a pista nova para os procedimentos de pousos e decolagens.

### **Percentual de utilização das cabeceiras:**

O percentual de utilização das cabeceiras foi adotado com base na configuração atual e projetado para a outra pista.

- Pista 11L/29R – Cabeceira 11L: 98% / Cabeceira 29L: 2%
- Pista 11R/29L – Cabeceira 11R: 98%/ Cabeceira 29L: 2%

### **Rotas de Pouso e Decolagem**

Para as aeronaves foram adotados os procedimentos atuais de pouso e decolagem conforme as cartas de voo e as informações da área de operações do aeroporto:

- Pouso: em linha reta
- Decolagem: tendo em vista as orientações contidas nas cartas de voo verificou-se que as curvas só são feitas aproximadamente após 15km. Assim, como a distância percorrida em linha reta antes de iniciar o procedimento de curva ultrapassa a área abrangida pelas curvas de ruído, optou-se por utilizar o procedimento de saída em linha reta.

Dados das cartas:

- Gradiente mnm de subida: 4% até 1.000 pés; após 3,3%
- Cab 11: manter o rumo de decolagem até 1.500 pés
- Cab. 29: manter o rumo de decolagem até 500' pés

OBS: Com base nas cartas de voo do DCEA, para os helicópteros os procedimentos são realizados a 500 pés.

Mix de Aeronaves

O mix de aeronaves adotado teve como base as Projeções de Demanda por Transporte Aéreo – PDTA da Infraero para o horizonte de 2029.

<b>Dados considerados:</b>		
<b>Total de Movimentos = 479 mov/dia</b>		
<b>TOTAL DE MOVIMENTOS – ASA FIXA = 335</b> <b>mov/dia</b>		
<b>FAIXAS</b>	<b>AERONAVES</b>	<b>PERCENTUAL</b>
FAIXA 1 (12%)	DHC-6	6%
	C208	6%
FAIXA 3 (6%)	EMB-145	6%
FAIXA 4 (24%)	737-700	12%
	A-319	12%
FAIXA 5 (31%)	A-320	15,5%
	737-800	15,5%
FAIXA 6 (18%)	767-300	18%
FAIXA 7 (9%)	777-300	9%
<b>TOTAL DE MOVIMENTOS – ASA MÓVEL = 144</b> <b>mov/dia</b>		
AS-365 N		100%

OBS: Foi utilizado o AS-365 N como helicóptero padrão para o Aeroporto de Aracaju, pois tem uma capacidade média de passageiros, é bimotor e por essas características poderá atender ao uso das plataformas marítimas. Este modelo apresenta uma capacidade superior a do helicóptero atualmente operando com o maior percentual no aeroporto, que é o SK-76, cuja capacidade média é de 6 passageiros.

**Teste de Motor:** Para simulação de teste de motor adotou-se os seguintes dados:

- 1 teste noturno da aeronave A-320;
- 1 teste diurno da aeronave 737-800;
- 60% de potência do motor;
- 5 minutos de duração.

A área para teste de motor foi identificada na planta de configuração final. O ponto para teste se localiza abaixo das duas pistas, próximo à cabeceira 11R.

Dados utilizados:

Considerando a cabeceira 11L como referência ( $x=0$ ;  $y=0$ ):

- Coordenadas:  $x = -0,5221$ ;  $y = -0,446$
- Ângulo =  $45^\circ$

Rio de Janeiro, 31 de outubro de 2012.

**ELABORADO POR:**

FLAVIA DOS SANTOS FERREIRA

Técnica de Pesquisa

Contrato COPPE – N°0038-ST/2009/0158

**REVISADO POR:**

IVONE DO NASCIMENTO SILVA

Fiscal do Termo de Contrato

AA N° 4265/DOPL/2009

**APROVADO POR:**

TÂNIA CRISTINA DE MENEZES CALDAS

Gerente de Planejamento de Integração Urbana – PLIU

AA N° 1086/PR/2009

## ANEXO B

### CARTA DE VOÔ – AEROPORTO INTERNACIONAL DE ARACAJÚ - SBAR

