

FERRAMENTAS DE AUXÍLIO À IMPLEMENTAÇÃO DA ABORDAGEM EQUILIBRADA EM CONTROLE DE RUÍDO AEROPORTUÁRIO.

Luiz André de Carvalho

Jules Ghislain Slama

Ana Paula Gama

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Laboratório de Acústica e Vibrações PEM/ COPPE

RESUMO

Neste trabalho são apresentadas duas ferramentas que podem ser utilizadas no controle de ruído aeroportuário de acordo com a *abordagem equilibrada*: o Indicador de Desbalanceamento Sonoro (IDS) e os Coeficientes de Sensibilidade.

O IDS é um valor indicador representativo de quanto um aeroporto está desbalanceado em relação a sua condição ideal. O objetivo do IDS é ajudar na identificação daqueles aeroportos que precisam priorizar ações de mitigação para ruído de aeronaves.

Os coeficientes de sensibilidade são ferramentas de apoio em processos decisórios em análise de sensibilidade, no âmbito da gestão do ruído no entorno de aeroportos. Os Estudos de Sensibilidade em controle de ruído aeroportuário são conduzidos com base em análises comparativas, entre os resultados obtidos em simulações acústicas de cenários alternativos e um cenário de referência, tendo por critérios de seleção, os índices de impacto sonoro sobre a população.

ABSTRACT

This paper presents two tools that can be used to control airport noise in accordance with the *balanced approach*: the indicator of Sound imbalance (IDS) and the sensitivity coefficients.

The IDS is a value representative indicator of how an airport is unbalanced in relation to its ideal condition. The goal of IDS is to help in identifying those airports that need to prioritize actions for mitigation of noise from aircraft.

The sensitivity coefficients are a tool to support decision making in sensibility analysis in the context of the management of noise in the neighborhood of airports. They are based on sensitivity studies in airport noise control are conducted based on comparative analysis between the results obtained in acoustic simulations of alternative scenarios and a reference scenario, having for selection criteria, rates of noise impact on the population.

1. INTRODUÇÃO

O Ruído de aeronaves é um dos principais impactos ambientais que resultam da operação de aeroportos. Uma vez que ele é um impacto complexo, exigem-se grandes investimentos para tratá-los e os resultados aparecem no decorrer de alguns anos.

Existem vários caminhos e metodologias destinadas a ajudar os planejadores a priorizar as áreas mais impactantes. Uma delas é o cálculo das curvas de ruído para procedimento de decolagens e aterrissagens de aeronaves, usando programas de computador como o INM (Integrated Noise Model). Uma vez que possibilita os planejadores terem uma variedade de áreas de contornos de ruído de um aeroporto, possibilitando identificar os cenários de impacto do ruído. A fim de identificar quais são as áreas mais impactantes e quão próximas às operações dos aeroportos estão para as propostas da Abordagem Equilibrada, foram desenvolvidas as ferramentas apresentadas neste trabalho.

O presente trabalho propõe as seguintes ferramentas: o Indicador de Desbalanceamento Sonoro (IDS), que é um valor indicador representativo de quanto um aeroporto está desbalanceado em relação a sua condição ideal, ele é baseado numa versão do Indicador Equivalente para Impacto de Ruído de Aeronaves, que foi publicado em 2006 por Valim; e a Análise de Sensibilidade, como ferramenta de apoio na identificação do problema acústico de

aeroportos situados em áreas urbanas e na seleção de alternativas para a redução do impacto ambiental sonoro que atinge populações residentes no entorno de aeroportos.

O objetivo do IDS é ajudar na identificação daqueles aeroportos que precisam priorizar ações de mitigação para ruído de aeronaves.

Já os Estudos de Sensibilidade têm por objetivo estudar como uma função objetiva pode variar quando variam os parâmetros do sistema. No caso do ruído aeroportuário, a função objetiva seria uma função que descreve o impacto do ruído sobre a população. Os parâmetros a serem considerados são os parâmetros aeroportuários significativos para a emissão sonora.

Inicialmente o Indicador de Desbalanceamento Sonoro foi aplicado para três aeroportos: Congonhas, Curitiba e Recife, como aeroportos representativos das regiões aonde eles se localizam, sudeste, sul e nordeste. A partir dos resultados obtidos, o aeroporto de Recife foi escolhido para aplicar a ferramenta de apoio na identificação de problemas acústicos, os coeficientes de sensibilidade. A metodologia aplicada consiste em três abordagens nas questões referentes ao ruído aeronáutico:

A primeira trata da identificação daqueles aeroportos que precisam priorizar ações de mitigação para ruído de aeronaves, nessa etapa foi utilizada a ferramenta IDS. O IDS além de mostrar o quanto o aeroporto está desbalanceado, o seu logaritmo nos permite estimar o potencial de redução do ruído em dB(A).

O segundo trata da identificação, de modo global, dos parâmetros de relevância da questão a ser investigada (cálculo dos coeficientes de sensibilidade).

O terceiro trata da seleção e avaliação de ações gerenciais a serem adotadas no problema identificado. Neste caso são apresentadas as ações de gerenciamento de ruído, recomendadas pela ICAO, no trato de problemas acústicos no entorno de aeroportos em duas esferas: controle de ruído na fonte (aeronaves) e controle de ruído através da adoção de restrições operacionais.

É de salientar, porém que essas ações não podem acarretar em prejuízos para a economia da região e para os aeroportos, comprometendo o seu funcionamento. Neste trabalho serão citadas formas de mitigar este ruído, minimizando os prejuízos sem comprometer o seu funcionamento, diminuindo o incômodo das pessoas expostas a ele.

2. METODOLOGIA

Para aplicar a metodologia, este trabalho considerou o banco de dados da Infraero de aeroportos de 2005 (Valim e.al., 2006). Do Relatório para o mês operacional mais ocupado, um movimento médio para o dia foi calculado para cada sítio.

O relatório tem informações técnicas como: operações diárias de aeronaves, a identificação dos tipos de aeronaves, dentre outros. Do relatório, a seguinte análise foi feita:

- Cálculo da média dos movimentos para 24 horas;
- Cálculo do número de movimentos diurnos e noturnos;
- Classificação de aeronaves como Capítulo 2 ou 3 – baseado na ICAO; e
- Cálculo dos movimentos totais de aeronaves pela sua classificação.

Um fator relevante para implementar as ferramentas propostas são as relações entre os períodos noturnos e diurnos, que podem ser determinadas baseando-se em experiências feitas com o programa INM. De acordo com a métrica de ruído DNL (Day Night Level) adotada neste trabalho, cada movimento noturno de uma aeronave é equivalente a 10 movimentos diurnos.

Outro fator relevante é a relação entre os tipos de aeronaves, após várias simulações considerando aeronaves capítulo 2 e capítulo 3 decolando e aterrissando, pelo programa INM, concluiu-se que a relação entre uma aeronave capítulo 2 para outra de capítulo 3, tem um peso igual a 7.

Pode-se observar na tabela 1 a relação entre os tipos de aeronaves e seus períodos.

Tabela 1: movimentos equivalentes a período de 24 horas pela classificação da ICAO.

Períodos Capítulos	Diurno	Noturno
2	7	70
3	1	10

Para os cálculos deste trabalho foram consideradas apenas as aeronaves com vôos regulares.

2.1. Indicador de Desbalanceamento Sonoro (IDS).

O propósito do Indicador de Desbalanceamento Sonoro é estimar quanto desbalanceado o aeroporto se encontra de acordo com a Abordagem Equilibrada. Considerando as aeronaves capítulo 3 e seus movimentos, com o auxílio da tabela 1, temos:

$$MT_{EQ3} = [(N_{3D}) F(3,D) + (N_{3N}) F(3,N)] \quad (1)$$

Em que:

- MT_{EQ3} : movimento equivalente total para aeronaves capítulo 3;
- N_{3N} : número de movimentos noturnos equivalente para capítulo 3;
- N_{3D} : número de movimentos diurnos equivalente para capítulo 3;
- $F(3,D)$: Fatores de Equivalência para aeronaves capítulo 3 com vôos diurnos; e
- $F(3,N)$: Fatores de Equivalência para aeronaves capítulo 3 com vôos noturnos.

Considerando as aeronaves capítulo 2 e seus movimentos, com o auxílio da tabela 1, temos:

$$MT_{EQ2} = [(N_{2D}) F(2,D) + (N_{2N}) F(2,N)] \quad (2)$$

Em que:

- MT_{EQ2} : movimento equivalente total para aeronaves capítulo 2;
- N_{2N} : número de movimentos noturnos equivalente para capítulo 2;
- N_{2D} : número de movimentos diurnos equivalente para capítulo 2;
- $F(2,D)$: Fatores de Equivalência para aeronaves capítulo 2 com vôos diurnos; e
- $F(2,N)$: Fatores de Equivalência para aeronaves capítulo 2 com vôos noturnos.

A partir dos valores calculados anteriormente, o Indicador de Desbalanceamento Sonoro (I_1) pode ser descrito conforme a equação abaixo:

$$I_1 = (MT_{EQ3} + MT_{EQ2}) / MT_{EQT} \quad (3)$$

Em que:

- I_1 : Indicador de Desbalanceamento Sonoro;
- MT_{EQ3} : movimento equivalente total para aeronaves capítulo 3;
- MT_{EQ2} : movimento equivalente total para aeronaves capítulo 2; e
- MT_{EQT} : movimento total para 24 horas.

A expressão do Indicador de Redução de Desbalanceamento Sonoro (IRDS) é o resultado do logarítmico do IDS. Ela mostra o quão perto está às operações do aeroporto para os ideais da Abordagem Equilibrada, e estima o potencial de redução do ruído em dB(A) através de restrições de uso. Quanto menor for esse indicador, menor é a possibilidade de redução do ruído através de medidas de restrições operacionais. A fórmula proposta é expressa por:

$$I_2 = 10 \log ((MT_{EQ3} + MT_{EQ2}) / MT_{EQT}) \quad (4)$$

Em que:

I_2 : Indicador de Redução de Desbalanceamento Sonoro;

MT_{EQ3} : movimento equivalente total para aeronaves capítulo 3;

MT_{EQ2} : movimento equivalente total para aeronaves capítulo 2; e

MT_{EQT} : movimento total para 24 horas.

Da média do mês mais movimentado, foram extraídas informações do período de movimento, diurno e noturno; e sobre os tipos de aeronaves, capítulo 2 e capítulo 3 como são apresentadas na tabela 2.

Tabela 2: Características dos movimentos dos aeroportos.

Acrônimo	Média diária do Mês Mais Movimentado	Movimento Noturno de Aeronaves	Movimento Diurno de Aeronaves	Movimento de Aeronaves Capítulo 2	Movimento de Aeronaves Capítulo 3
SBSP	444,36	33,01	411,35	9,53	434,83
SBCT	156,06	30,40	125,66	2,89	153,17
SBRF	113,00	36,00	77,00	11,00	102,00

Aplicando o IDS e o IRDS para cada aeroporto da tabela 2, é calculado de quanto os aeroportos estão desbalanceados e de qual é o nível de redução de ruído que podemos conseguir, aplicando as devidas restrições operacionais. O resultado é mostrado na tabela 3.

Tabela 3: Valores de IDS (I_1) e IDRS (I_2) para os respectivos aeroportos.

Acrônimo	Média diária do Mês Mais Movimentado	MT_{EQ2}	MT_{EQ3}	I_1	I_2
SBSP	444,36	68,60	731,65	1,80	2,55
SBCT	156,06	192,85	402,11	3,81	5,81
SBRF	113,00	266,00	399,00	5,88	7,70

Da informação sobre cada aeroporto, da tabela 2, é possível classificá-los então pela porcentagem de Capítulo 2 e movimentos noturnos. Na tabela 3, aqueles aeroportos que têm menos movimentos noturnos e menos movimentos de Capítulo 2 são destacados como os menos desbalanceados. E aqueles que têm mais movimentos noturnos e mais movimentos de Capítulo 2 são destacados como os mais desbalanceados e com um IDRS maior. Na tabela 3 é possível também identificar que o aeroporto de Recife é o mais desbalanceado e o que merece maior prioridade na aplicação de medidas de mitigação de ruído.

2.2. Estudos de Sensibilidade

2.2.1. Modelagem não - Linear / Determinação dos Coeficientes de Sensibilidade

Para os cálculos de sensibilidade foi utilizada a variável x_{ij} , sendo i o número de movimentos de aeronaves e j o período que pode ser noturno e diurno. A partir dessas variáveis é possível

determinar a área de curva de ruído para um determinado nível de DNL. A expressão abaixo, mostra a área de uma possível curva de ruído para um DNL de 65dB(A):

$$\Phi(x_{1D}, x_{1N}; x_{2D}, x_{2N}; x_{3D}, x_{3N}) \quad (5)$$

Para o estudo de sensibilidade são adicionados nos dados de movimentos de aeronaves da curva de ruído atual variações do tipo Δx_{ij} , conforme é mostrado abaixo:

$$\Phi(x_{1D} + \Delta x_{1D}, x_{1N} + \Delta x_{1N}; \dots) \quad (6)$$

Caso as variações Δx_{ij} , sejam pequenas podemos escrever:

$$\Delta \Phi = \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x_{1D}} \right) \Delta x_{1D} + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x_{1N}} \right) \Delta x_{1N} + \dots + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x_{ND}} \right) \Delta x_{ND} \quad (7)$$

Onde $\Delta \Phi$ é a variação da área.

O próximo passo é encontrar o coeficiente de sensibilidade relativa. Dividi-se o valor de $\Delta \Phi$ por Φ (inicialmente a área da curva de ruído) e encontra-se a variação relativa:

$$\frac{\Delta \Phi}{\Phi} = \left[\frac{x_{1D}}{\Phi} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x_{1D}} \right) \frac{\Delta x_{1D}}{x_{1D}} + \frac{x_{1N}}{\Phi} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x_{1N}} \right) \frac{\Delta x_{1N}}{x_{1N}} + \dots + \frac{x_{ND}}{\Phi} \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x_{ND}} \right) \frac{\Delta x_{ND}}{x_{ND}} \right] \quad (8)$$

A partir da variação relativa é encontrado o coeficiente de sensibilidade relativa:

$$S_{x_{ij}}^{\Phi} = \left(\frac{x_{ij}}{\Phi} \right) \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x_{ij}} \right) \quad (9)$$

Considerando inicialmente, uma variação relativa de 10% do parâmetro x_i , encontramos:

$$S_{x_{ij}}^{\Phi} \approx -10 \frac{\Delta \Phi}{\Phi} \quad (10)$$

Onde, $\frac{\Delta \Phi}{\Phi}$, representa a variação relativa da área em cada uma das situações.

A tabela 4 apresenta os resultados obtidos para o Aeroporto de Recife. Tendo sido adotada inicialmente para uma 1ª avaliação uma variação relativa de 10% para cada um dos parâmetros aeroportuários individualmente. Verificou-se que a sensibilidade da área com relação ao parâmetro x_1 é insignificante comparada com os parâmetros x_2 , x_3 , e x_4 como pode se observar na tabela 4.

Tabela 4: Modelagem Não-Linear de 1ª avaliação – Simulação no INM.						
Variação relativa de 10% para cada um dos parâmetros aeroportuários individualmente – SBRF.						
Parâmetros	Movimentos (X) por turnos (D/N)				Área da Curva de Ruído Mi2/DNL	Percentual de Redução da área em Relação á situação inicial
	Capítulo 3		Capítulo 2			
	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	65dB(A)	
Situação Inicial	63	33	8	3	2,55Mi2	0,00%
Retirada 10% X ₁	56,7	33	8	3	2,54Mi2	0,39%
Retirada 10% X ₂	63	29,7	8	3	2,48Mi2	2,75%
Retirada 10% X ₃	63	33	7,2	3	2,51Mi2	1,57%
Retirada 10% X ₄	63	33	8	2,7	2,46Mi2	3,53%

Os coeficientes de sensibilidade de Φ em relação aos parâmetros aeroportuários, de acordo com as tabelas 2 e 4, são expressos por:

$$\begin{aligned}
S_{x_1}^{\Phi} &\approx -10 \frac{\Phi_1 - \Phi_0}{\Phi_0} = 0,0392 && (x_1, \text{Movimentos diurnos aeronaves capítulo 3}); \\
S_{x_2}^{\Phi} &\approx -10 \frac{\Phi_2 - \Phi_0}{\Phi_0} = 0,275 && (x_2, \text{Movimentos Noturnos aeronaves capítulo 3}); \\
S_{x_3}^{\Phi} &\approx -10 \frac{\Phi_3 - \Phi_0}{\Phi_0} = 0,157 && (x_3, \text{Movimentos diurnos aeronaves capítulo 2}); \\
S_{x_4}^{\Phi} &\approx -10 \frac{\Phi_4 - \Phi_0}{\Phi_0} = 0,353 && (x_4, \text{Movimentos Noturnos aeronaves capítulo 2}).
\end{aligned}$$

Podemos escrever a seguinte equação aproximada relacionando o logaritmo da área da curva de ruído ao logaritmo dos parâmetros.

No caso de Recife:

$$\text{Log}_e \Phi(x_1, x_2, x_3, x_4) = 0,04 \text{Log}_e \Phi(x_1) + 0,28 \text{Log}_e \Phi(x_2) + 0,16 \text{Log}_e \Phi(x_3) + 0,35 \text{Log}_e \Phi(x_4) + K \quad (11)$$

Assim, na situação atual, o parâmetro que corresponde ao número de movimentos noturnos de aeronaves capítulo 2 tem a maior influência sobre a área de curva de ruído.

2.2.2. Análise dos resultados

Como visto anteriormente, para uma variação relativa de 10% para cada um dos parâmetros aeroportuários individualmente, a sensibilidade da área com relação aos parâmetros x_1 , x_2 , x_3 e x_4 foi muito pequena. Esses resultados mostram que as percentagens de variação de área da curva DNL = 65dB(A) para as situações propostas acima são inconclusivas.

Então para conseguir dados relevantes para análise, tomou-se como variação limite de área, o critério de decisão adotado pela FAA de 17% da área correspondendo a uma variação de 1,5dB(A), observou que apenas que a partir de uma variação de 50% o parâmetro x_4 mostra uma variação significativa na área da curva DNL = 65dB(A), conforme se observa na tabela 5.

Tabela 5: Simulação no INM.

Variação relativa de 50% para cada um dos parâmetros aeroportuários individualmente – SBRF.

Parâmetros	Movimentos (X) por turnos (D/N)				Área da Curva de Ruído Mi2/DNL	Percentual de Redução da área em Relação á situação inicial
	Capítulo 3		Capítulo 2			
	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	65dB(A)	
Situação Inicial	63	33	8	3	2,55Mi2	0,00%
Retirada 50% X ₁	31,5	33	8	3	2,49Mi2	2,35%
Retirada 50% X ₂	63	16,5	8	3	2,21Mi2	13,33%
Retirada 50% X ₃	63	33	4	3	2,34Mi2	8,24%
Retirada 50% X ₄	63	33	8	1,5	2,06Mi2	19,22%

Isto indica que a percentagem elevada de movimentos de aeronaves Cap. 2 no período noturno (x_4) domina o cenário acústico no aeroporto de Recife, resultando numa sensibilidade menos significativa das curvas de ruído em relação aos parâmetros relativos aos movimentos de aeronaves Cap. 3 diurno (período de 7 às 22hs, x_1) e noturno (período de 22 às 7hs, x_2) e Cap. 2 diurno (x_3).

2.2.3. Modelagem Não – Linear Complementar

Criou-se 3 situações alternativas à situação inicial (i) = 0, tendo em consideração dois critérios: renovação da frota de aeronaves e implementação de restrições operacionais.

- A renovação de frota se refere à substituição das aeronaves Cap.2 (mais ruidosas) por outros modelos com capacidade e cargas similares, porém com melhor desempenho acústico. Por este motivo, nas simulações acústicas, as aeronaves (Cap.2) foram substituídas pelo modelo de aeronave 737-500, classificadas como Capítulo 3, segundo o anexo 16 da ICAO.

É importante salientar que na prática, a determinação e conveniência dos modelos de aeronaves a serem adquiridos para substituir aeronaves Cap.2, cabem às Companhias Áreas. As sugestões de modelos de aeronaves substitutas apresentadas no trabalho se devem unicamente, a similaridade de suas características físicas com as aeronaves em estudo.

- Já as restrições operacionais se referem à proibição, parcial ou total, do acesso de aeronaves no aeroporto em determinados períodos do dia, particularmente em horários noturnos. Neste caso, trabalhou-se com transferências do número de movimentos das aeronaves, do horário noturno para diurno, sem alterar a composição da frota existente.

A situação (i) = 3 corresponde a uma situação ideal de configuração dos parâmetros, com todos os movimentos diurnos e todas as aeronaves em operação da categoria Capítulo 3. Apesar de operacionalmente ser praticamente inviável, o estudo desta situação oferece uma perspectiva do limite de otimização dos parâmetros estudados quanto ao controle do ruído aeroportuário.

Para cada situação estudada (i = 0 até i = 3), elaborou-se a curva de ruído correspondente a $DNL = 65dB(A)$, e as áreas correspondentes calculadas foram anotadas nas colunas respectivas na tabela 6.

Os cenários das situações estudadas foram estabelecidos segundo as características da frota atual, deste sua conservação até possíveis modificações.

É importante observar a coluna de redução da área em relação ao caso atual ou de referência, é nela que poderemos identificar os melhores cenários para a redução de áreas das curvas de ruído elaboradas para $DNL = 65dB(A)$.

As situações assinaladas em $i=2$ são aquelas que operacionalmente são mais viáveis para o aeroporto citado no que diz respeito à redução das áreas das curvas de ruído.

A tabela 6 apresenta os resultados obtidos para o aeroporto de Recife.

Tabela 6: Estudo da variação das áreas das curvas de ruído em relação à variação dos parâmetros aeroportuários (x1(i), x2(i), x3(i), x4(i)).

Mix de Aeronaves	SBRF Situação Estudada (i)	Movimentos (P) por turnos				Área da curva de Ruído (DNL)	Redução da Área (%) em relação ao caso inicial
		Cap.3		Cap.2			
		Diurno	Noturno	Diurno	Noturno	65dB	65dB
Frota Existente	(0) Situação Atual	63	33	8	3	2,55Mi2	0%
Conserva Frota	(1) Transferência de 100% de Cap.2 Noturno para Diurno	63	33	11	0	1,72Mi2	32,55%
	(2) Transf. De 100% de Cap.2 e Cap.3 Noturno para Diurno.	96	0	11	0	1,08Mi2	57,65%
Muda Frota 737500	(3) Transf. de 100% de Cap.2 e Cap.3 Noturno para Diurno e Subst. de 100% Cap.2 por Cap.3.	107	0	0	0	0,30Mi2	88,24%

Na situação 1, trabalhou-se com transferência total de movimentos noturnos de aeronaves Capítulo 2 para movimentos diurnos. Na situação 2, trabalhou-se com transferência total de movimentos noturnos de aeronaves Capítulo 2 e Capítulo 3 para movimentos diurnos respectivamente. Na tabela 7, mostra uma diminuição significativa da área da curva, com a retirada dos vôos noturnos.

Tabela 7: Relação entre o cenário de referência i(0) e os cenários propostos i(1) e i(2).

Nível de Ruído	Áreas das curvas de ruído (Mi2)			Percentual de redução das áreas das curvas de ruído em relação a i = (0)	
	i = (0)	i = (1)	i = (2)	i = (1)	i = (2)
65dB(A)	2,55	1,72	1,08	32,55%	57,65%

Na tabela 8 mostra uma situação em que se estudou a transferência total de movimentos noturnos de aeronaves Cap. 2 e Cap. 3 para o turno diurno, e a substituição total de aeronaves Cap. 2 por aeronaves Cap. 3. Esta situação é ideal, porém, como exposto anteriormente, operacionalmente difícil de realizar. Portanto foi tomado neste trabalho como parâmetro para comparação com outras situações e estabelecimento daquelas alternativas mais próximas do ideal.

Tabela 8: Relação entre o cenário de referência i(0) e o cenário ideal i(3).

Nível de Ruído	Áreas das curvas de ruído (Mi2)		Percentual de redução das áreas das curvas de ruído em relação a i = (0)
	i = (0)	i = (3)	
65dB(A)	2,55	0,30	88,24%

Na figura 1, mostra a redução da área assinalada em i=2 em relação à área de ruído atual ou de referência.



Figura 1: Relação da Área de curva de ruído para 65dB(A) entre i(0) e i(2).

3. CONCLUSÕES GERAIS

Através deste trabalho, foi apresentado um panorama comparativo da situação sonora de três dos principais aeroportos brasileiros a partir das metodologias adotadas, o IDS e os Coeficientes de Sensibilidade. Os resultados obtidos indicaram que os fatores mais relevantes ao incômodo sonoro destes aeroportos se relacionam com as operações com os modelos de aeronaves classificadas como Capítulo 2, do Anexo 16 da ICAO. Proibidas de operar em diversos países desde 2002, estas aeronaves possuem respaldo legal para continuar operando nos aeroportos brasileiros até o ano de 2010.

Além dessas duas ferramentas consideradas, é importante quantificar o impacto ambiental sonoro dos aeroportos. Os estudos de controle de ruído num determinado aeroporto se justificam somente se o impacto ambiental sonoro é significativo.

Agradecimentos

Airport Noise Study Group – GERA/LAVI/PEM/COPPE/UFRJ, pelo apoio técnico fornecido. CAPES e CNPq, pelo suporte financeiro às pesquisas desenvolvidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ABNT (1990) NBR 11415, *Ruído Aeronáutico*, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- ABNT (1993) NBR 12859, *Avaliação do impacto sonoro gerado por operações aeronáuticas*, Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- Bruel & Kjaer (2001) *Sound & Vibration Measurement A/S Environmental Noise Booklet*, Bruel & Kjaer A/S, Denmark.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION (1996) *Integrated Noise Model*, User's Guide versão 5.1, USA.
- Gama, A. P. (2004) *Análise de Sensibilidade: Um Instrumento de apoio à gestão ambiental sonora em aeroportos urbanos*, Dissertação – Universidade Federal do Rio de Janeiro – FAUPROARQ, Rio de Janeiro.
- INTERNATIONAL CIVIL AVIATION ORGANIZATION (2004) *Final draft of Guidance on the Balanced Approach to Aircraft Noise Management*, ICAO, Montreal.
- Nogueira, R. de C. C. and J. G. Slama (2006) *Routes changes aiming noise levels reduction on residential use zones around airports using aircraft's noise classification by sensibility coefficients*, Internoise, Hawaii, USA.
- Slama, J. G. and T. C. Revoredo (2005) *Metrics Comparison and Control Approach in Airport Noise*, in: Air Transport Research Society (ATRS) World Conference - v. 1. p. 1-8, Brazil.
- Slama, J. G. , A. P. Gama, L. A. de Carvalho, R. Magina, T. C. Revoredo (2008) *Coeficientes de Sensibilidade: um instrumento de apoio à gestão ambiental sonora em aeroportos urbanos*, Sitraer, Rio de Janeiro.
- Valim, F. (2006) *Análise das diferentes formas de atenuação do ruído aeronáutico*, master degree thesis, University of Brasília, Brazil.