

**ANÁLISE DO IMPACTO AMBIENTAL SONORO PRODUZIDO PELA
MUDANÇA DE ALTITUDE E ROTA DOS HELICÓPTEROS DO HELIPONTO
DA LAGOA RODRIGO DE FREITAS**

Victor Rodrigues Pessanha

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. (Orientador)

Prof. Antonio Carlos Marques Alvim, Ph.D.

Prof. Max Suell Dutra, Dr.-Ing.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

ABRIL DE 2013

Objetivo

O objetivo desse trabalho é realizar uma análise do impacto ambiental sonoro considerando o efeito produzido pela mudança de altitude e rota dos helicópteros que utilizam o Heliponto da Lagoa Rodrigo de Freitas. Para tanto, é utilizado um software específico, que gera curvas de níveis de ruído que permitem indicar os impactos causados por esse tipo de atividade de transporte aéreo, baseados em todo um cenário atual de normas, leis, e o contexto socioeconômico envolvido.

Agradecimentos

Ao professor Jules Slama, por ser o meu mentor e sempre estar disponível a me ajudar da melhor maneira possível.

Aos meus pais, Lúcia e Marcus, por todo o apoio que me deram em meu desenvolvimento pessoal ao longo de todo meu aprendizado e por estarem sempre presentes.

A minha mulher, Lais, por sempre estar por perto e me incentivar mesmo nos momentos mais difíceis.

A toda a equipe da engenharia mecânica, educadores e funcionários administrativos, pela dedicação em transmitir o conhecimento e por me suportarem durante esses cinco longos anos de aprendizado.

A toda sociedade que investiu em mim ao longo do curso, utilizando verba pública para me manter na faculdade que, embora possua alguns pontos de atenção, superou minhas expectativas em diversos momentos.

Resumo

Tendo como base o cenário atual da atividade aeroportuária na Cidade do Rio de Janeiro, e considerando que uma operação de heliponto pode gerar um efeito negativo às populações que vivem ou transitam em seu entorno, o presente trabalho procura realizar uma análise do impacto ambiental sonoro considerando o efeito produzido pela mudança de altitude e rota dos helicópteros que utilizam o Heliponto da Lagoa Rodrigo de Freitas. Diante desse contexto, torna-se necessário conhecer e refletir sobre as leis, normas e diretrizes atuais dessa modalidade de transporte, discutir as principais causas dessa problemática e avaliar a viabilidade técnica da possível solução.

A norma NBR 10.151 ABNT é um instrumento que permite a avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, assim como, especifica um método para a sua medição e a aplicação de correções nos níveis medidos. Ou seja, a norma lista as regras a serem seguidas para medição de ruído em um lugar habitável e dá como referência níveis de ruído aceitáveis.

Através da utilização do *Software Integrated Noise Model*, gerou-se curvas de ruído de acordo com certos aspectos variáveis como número de vôos diários e altitude das operações. Tais variáveis foram escolhidas devido à importância frente ao aumento ou diminuição do impacto sonoro e são basicamente os aspectos citados nos instrumentos normativos mundiais. Para tanto, foram introduzidas no programa diversas características particulares desse heliponto que permitiram determinar quais regiões estão expostas a determinados impactos de ruído, e comparar com as diretrizes e normas da legislação brasileira.

Nesse contexto, identificou-se problemas relacionados a algumas regras e ações recentes dos órgãos fiscalizadores do Rio de Janeiro, nas quais são definidos os parâmetros a serem seguidos em termos de tráfego aéreo (rotas específicas, altitudes pré determinadas, etc.) que não necessariamente são efetivos ou mostram-se suficientes para a resolução das complicações ligadas à poluição sonora causada pelo tráfego de helicópteros na Cidade do Rio de Janeiro.

Abstract

Based on the current scenario of airport activity in the city of Rio de Janeiro, and considering that a helipad operation can generate a negative effect for people living in or transiting its surroundings, this paper seeks to present a study of strategies for reducing noise caused by helicopters and the Helipad at Lagoa Rodrigo de Freitas. Given this context, it is necessary to be aware and think about the laws, rules and guidelines of this current mode of transportation, discussing the main causes of this problem and evaluate the technical and economic feasibility of possible solutions.

The ABNT NBR 10151 evaluates the acceptability of noise in communities, as well as specifies a method for measuring and applying corrections to levels measured. In other words, the standard list of rules to be followed for noise measurement in a habitable place and gives reference acceptable noise levels.

By using the Integrated Noise Model Software, noise curves were generated in accordance with certain variables aspects as the number of daily flights and altitude of the operations. Thus, we inserted the program several special characteristics of this helipad, which allowed them to determine which regions are exposed to certain noise impacts, and compare with the guidelines of the Brazilian legislation.

In this context, we will be able to identify the problems related to some rules and recent actions implemented by regulatory agencies of Rio de Janeiro, where they set certain parameters to be followed in terms of traffic (specific routes, predetermined flight altitudes, etc.) that are not necessarily effective or happen to be sufficient to resolve the complications associated with the noise pollution caused by traffic helicopters in the city of Rio de Janeiro.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	iv
1. Introdução.....	1
2. Som.....	2
2.1. Intensidade de som e Decibel.....	2
2.2. Timbre.....	3
2.3. Frequência.....	3
2.4. Potência sonora de uma fonte.....	4
2.5. Ruído.....	4
2.6. Efeitos nocivos do som.....	4
3. Curvas de Ruído.....	6
3.1. Integrated Noise Model (INM).....	6
3.2. Métricas de Ruído.....	6
3.2.1. Nível de Pressão Sonora Equivalente (LAeq).....	7
3.2.2. Nível Equivalente de Pressão Sonora Diurna (LAeqD) e Noturna (LAeqN).....	7
3.2.3. Day-Night Level (DNL).....	8
3.3. Cálculo de curvas de ruído.....	8
4. Normas e Legislação.....	9
4.1. NBR 10.151 - “Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento”.....	9
4.2. NBR 10.152 – “Níveis de ruído para conforto acústico”.....	10
4.3. RBAC - Plano de Zoneamento de Ruído.....	12
5. O Rio de Janeiro.....	14
5.1. Transporte.....	14
6. O Helicóptero.....	16
6.1. Ruídos Causados pelo Helicóptero.....	17
6.2. Formas de redução de ruído.....	19
6.2.1 Gestão do ruído em outras cidades.....	20

7. O Heliponto	22
8. Metodologia de análise.....	23
8.1. Regras de tráfego	24
8.2. Parâmetros de Simulação.....	24
8.3. Resultados e Elaboração Gráfica	29
8.3.1 Análise dos Resultados	30
9. Conclusão	33
10. Bibliografia.....	35
Apêndice A - Figuras da Simulação.....	37
50 voos - 500 pés (152,4)	38
100 voos - 500 pés (152,4m)	39
150 voos - 500 pés (152,4m)	40
200 voos - 500 pés (152,4m)	41
250 voos - 500 pés (304,8m)	42
50 voos - 1000 pés (304,8m)	43
100 voos - 1000 pés (304,8m)	44
150 voos - 1000 pés (304,8m)	45
200 voos - 1000 pés (304,8m)	46
250 voos - 1000 pés (304,8m)	47

1. Introdução

A Cidade do Rio de Janeiro sempre foi alvo de interesse nacional e internacional em diversos setores econômicos devido ao apelo histórico, cultural e suas belezas naturais. O aumento expressivo na produção, extração e desenvolvimento geral do mercado de Óleo e Gás carioca, a vinda da Copa do Mundo de Futebol e os Jogos Olímpicos, além do forte potencial turístico da cidade, têm elevado a demanda por serviços em diversas áreas - dentre eles o de transporte rápido.

Como em qualquer grande metrópole, a Cidade Maravilhosa possui problemas sérios na infraestrutura de transporte público e particular, muito agravados pelo aumento populacional, pela falta de políticas eficazes na execução de leis de trânsito e na estrutura organizacional no sistema de transporte em geral. Todo esse cenário contribuiu consideravelmente para o aumento da demanda pelo serviço de transporte por helicópteros.

Essa realidade é benéfica para a cidade quando vemos os aeroportos e helipontos como fatores que fomentam o desenvolvimento econômico e turístico da cidade. Porém, existe um forte impacto ambiental causado pela poluição sonora, que pode ser prejudicial às pessoas, direta ou indiretamente.

Portanto, torna-se necessário e de grande importância analisar o cenário atual de normas, leis, impactos ambientais, e todo o contexto socioeconômico envolvido, contrapondo com cidades e regiões consideradas modelo em termos de transporte por helicópteros. Para tal, será necessário entender, primeiramente, como o som nos influencia e pode afetar a vida da sociedade, estudando seus fundamentos, definições, a legislação brasileira e os novos acordos sobre ruído aeroportuário, assim como simular, através de um software específico, curvas de níveis de ruído que nos indicarão o impacto causado por esse tipo de transporte aéreo.

2. Som

O som é a propagação de uma onda mecânica em meios materiais de propagação como sólidos, líquidos e gasosos (não se propaga no vácuo), compreendendo compressões e rarefações (figura 1).

Quando a onda é periódica, pode-se usar a expressão $v = \lambda \cdot f$ eq.1 para entender melhor o fenômeno sendo v a velocidade, λ o comprimento de onda e f a frequência(Hz).

Os sons audíveis pelo ouvido humano têm uma frequência entre 20 Hz e 20 kHz. Acima e abaixo desta faixa estão ultra-som e infra-som, respectivamente.

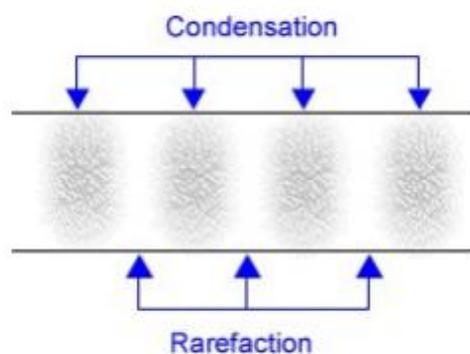


Figura 1: Zonas de condensação e rarefação das partículas (Fonte: [1]).

2.1. Volume de som e Decibel

O volume é sensação (ou qualidade) que possuímos de discernir entre um som forte e um som fraco. O ouvido humano é incrivelmente sensível e pode captar o som de uma agulha caindo no chão até o som de um jato que é trilhões de vezes mais forte. Por isso é conveniente utilizar unidades logarítmicas para estudo do mesmo.

O decibel (dB) é uma unidade logarítmica utilizada em acústica, e é uma relação de entre duas grandezas energéticas de mesmo tipo:

$$Q(dB) = 10 \log\left(\frac{E_1}{E_2}\right) \quad \text{Eq.1}$$

No caso da pressão sonora temos:

$$Lp(dB) = 20 \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

P_1 - pressão sonora eficaz em Pascals

P_2 - pressão de referência

Vemos na figura abaixo exemplos de varias intensidades de som.

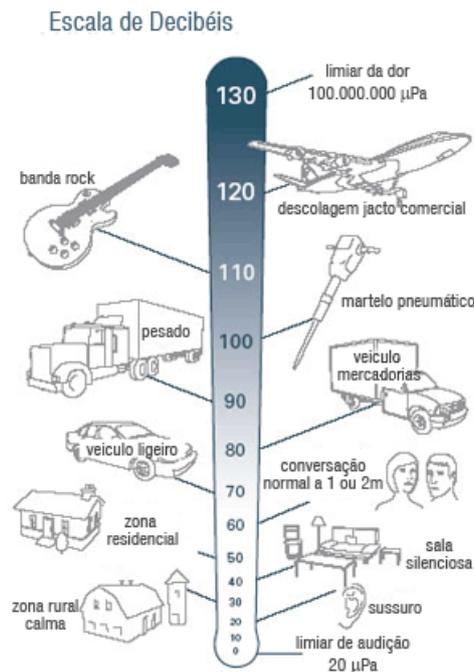


Figura 2: Escala em decibéis relativo a intensidade de varias situações cotidianas (Fonte: [2])

2.2. Timbre

Timbre é a sensação característica causada pela presença de harmônicos e nos permite distinguir a mesma nota por instrumentos diferentes.

2.3. Frequência

Frequência é o número de ocorrências de um evento repetido por unidade de tempo, no caso segundo, sendo medida em Hz.

2.4. Potência sonora de uma fonte

Potência sonora é o valor de energia sonora emitida por uma fonte por unidade de tempo ($1W=1J/s$). O Nível de Potência Sonora é definido por:

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad \text{Eq.2}$$

W - potência sonora da fonte, em Watt

W_0 - potência sonora de referência = 10^{-12} Watts

L_w - é medida em decibel (dB).

2.5. Ruído

Há muitas definições para ruído em função das diferentes vertentes de estudo acadêmico. Neste trabalho, nós consideramos um ruído qualquer som que causa no indivíduo uma sensação desconfortável, como por exemplo o de uma aeronave. Vamos entender até onde um ruído pode ser prejudicial aos indivíduos, especificamente o ruído indesejável oriundo de helicópteros.

2.6. Efeitos nocivos do som

Em geral, determina-se os limites de ruído de acordo com o ambiente em que está se estudando, porém é usual considerar que a partir de 50 ou 55 dB(A) o ruído pode provocar significativos níveis de estresse e desconforto[3]. Muito acima disso o organismo começa a fragilizar seriamente a ponto de aumentar o risco de ter várias doenças. A partir de 100 dB(A) pode haver uma perda imediata de audição.

Primeiramente, podemos observar que o impacto sonoro interfere negativamente na comunicação, concentração e o rendimento em escolas, residências e outras áreas de atividades humanas principalmente onde é necessário um ambiente ameno como hospitais, asilos, etc. Também podemos destacar o prejuízo do sono e do descanso o que acarreta uma série de problemas de saúde, em especial após um longo período de exposição a ruídos excessivos.

A seguir vamos listar uma série de problemas de saúde e comportamento social [3], pela exposição exagerada ao som:

- Distúrbios no sono;
- Distúrbios fisiológicos e cardiovasculares;
- Interferência na comunicação falada;
- Aumento de agressividade e da violência urbana.

Dessa forma, torna-se inquestionável a importância do estudo e da busca de soluções para a amenização dos efeitos nocivos e prejudiciais a saúde humana frente à exposição a ruídos excessivos, provenientes do tráfego de helicópteros.

3. Curvas de Ruído

As curvas de ruído são curvas representadas por linhas formadas pela união de pontos que apresentam mesmo nível sonoro, de acordo com uma determinada métrica de ruído. Essa ferramenta nos proporciona uma visão mais clara sobre o ruído na vizinhança de uma atividade.

Com essas curvas podemos caracterizar o impacto sonoro de uma atividade, fazer planejamentos urbanos e monitoramento de pontos importantes no projeto. Especificamente nesse estudo, as utilizaremos para a simulação do impacto sonoro nos aeródromos e suas vizinhanças com o auxílio do *software Integrated Noise Model (INM)*.

3.1. Integrated Noise Model (INM)

Software criado pela americana Federal Aviation Administration (FAA), em 1978, e é utilizado por todo o mundo da aviação para determinar os impactos ambientais ocasionados pela exposição ao ruídos nos aeroportos e suas vizinhanças.

O INM é um programa de computador desenvolvido com base no algoritmo e estrutura de SAE AIR 1845 padrão, que usa um banco de dados Noise-Power Distance-(NPD) para estimar o campo sonoro para modos específicos de operação. Ele fornece dados e gráficos de ruídos para as mais diversas situações, ambientes, maquinários, etc, podendo produzir contornos de ruído para uma área ou nível de ruído em locais pré-selecionados.

O INM tem muitas funções analíticas, tais como avaliar:

- Os impactos de ruído de aeronaves atuais em torno de um determinado aeroporto ou heliporto;
- Mudanças no impacto do ruído resultantes de novas pistas ou extensões ou configurações de pista;
- Mudanças no impacto do ruído resultantes da demanda de tráfego e nova composição da frota
- Os impactos de ruído a partir de novos procedimentos operacionais;
- Os impactos de ruído a partir de operações de aeronaves e em torno de Parques Nacionais.

3.2. Métricas de Ruído

A seguir vamos apresentar as métricas de ruído utilizadas nesse trabalho e que estão também entre as mais utilizadas no mundo.

3.2.1. Nível de Pressão Sonora Equivalente (LAeq)

O Nível Sonoro Equivalente (Leq) é definido pela equação a seguir[4]. É frequentemente usado pois considera níveis de pressão sonora num tempo contínuo, o que ajuda a quantificar o impacto em muitas situações. Essa métrica é usada na norma NBR - 10.151.

A equação é:

$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \int_t^{t+T} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right] \quad \text{Eq. 3}$$

T - período de tempo avaliado, em segundos

$P_A(t)$ - nível de pressão sonora, ponderado em A, em Pascal

P_0 - nível de pressão sonora de referência ($P_0 = 0,00002 P_a$)

3.2.2. Nível Equivalente de Pressão Sonora Diurna (LAeqD) e Noturna (LAeqN)

Foram criadas as medidas LAeqD e LAeqN considerando os horários distintos diurno(entre 7 horas da manhã e 10 horas da noite - intervalo de 15horas) e noturno(entre 10 horas da noite e 7:00 horas da noite - intervalo de 9horas) e suas respectivas peculiaridades.

Sendo:

$$L_{AeqD} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{3600.15} \int_7^{22} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right] \quad \text{Eq. 4}$$

$$L_{AeqN} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{3600.9} \int_{22}^7 \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right] \quad \text{Eq. 5}$$

$P_A(t)$ - nível de pressão sonora, ponderado em A, em Pascal;

P_0 - nível de pressão sonora de referência ($P_0 = 0,00002 P_a$).

3.2.3. Day-Night Level (DNL)

O DNL, sigla para Day-Night Level, é uma forma de medir o ruído amplamente utilizada no Brasil e no mundo, no caso de atividades aeroportuárias, que considera a singularidade de cada período, sendo o noturno tratado como mais sensível. Nesse contexto, define-se, portanto, uma adição de 10 dB aos níveis de ruído ocorrido entre 10 horas da noite e 7 horas da manhã.

$$DNL = 10 \log_{10} \left[\int_7^{22} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt + 10 \int_{22}^7 \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right] \quad \text{Eq. 6}$$

$P_A(t)$ - nível de pressão sonora, ponderado em A, em Pascal

P_0 - nível de pressão sonora de referência ($P_0 = 0,00002 P_a$)

3.3. Cálculo de curvas de ruído

Para iniciar a análise do ruído nas vizinhanças do aeroporto, devemos indicar as trajetórias e toda frota de aeronaves que pousam e decolam ou, se quisermos pesquisar a influência de apenas uma aeronave, devemos inserir somente suas trajetórias. As trajetórias das aeronaves são formadas por pequenos segmentos sucessivos, que podem ser caracterizados por segmentos de reta ou curvas. Para que o programa realize esta tarefa são necessárias as seguintes informações:

- Temperatura de referência;
- Identificação da frota;
- Altitude do aeroporto;
- Comprimento de pistas, incluindo as coordenadas geográficas das cabeceiras;
- Rotas de pouso e decolagem;
- Número de movimentos diurnos e noturnos de aeronaves dentro de cada uma das rotas;
- Métrica de incômodo a ser calculada.

Após computar estas informações, o INM calcula os níveis de ruído para cada ponto, na unidade desejada, como DNL por exemplo. Ao terminar os procedimentos de cálculo, o programa une os pontos com os valores de níveis de ruído especificados. Da união desses pontos surgem as curvas de nível de ruído ou curvas de ruído.

4. Normas e Legislação

4.1. NBR 10.151 – “Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento”

A norma NBR 10.151 ABNT define os procedimentos para avaliar as condições de conforto do ruído em comunidades, assim como especifica um método para a sua medição e a aplicação de correções nos níveis medidos. Ou seja, a norma lista as regras a serem seguidas para medição de ruído em um lugar habitável e dá como referência níveis de ruído aceitáveis.

Tal norma define o Nível de Ruído Ambiente (Lra) como o Nível de Pressão Sonora Equivalente (LAeq) ponderado no local estudado, genericamente representado como “A”, e num determinado período de tempo definido para a avaliação, contando com a ausência total do ruído gerado pela fonte sonora em questão.

Nesse contexto, para avaliarmos os Níveis de Ruído que são de fato gerados pela fonte em questão, a NBR 10.151 prevê características específicas ou peculiaridades de certas regiões, onde nos é recomendado que utilizemos métricas, caso sejam estas válidas e tenham legitimidade comprovada, de forma “customizada” ou adaptada para cada aplicação, definindo assim o Nível De Pressão Sonora Corrigido (Lc). No nosso caso, em especial por estarmos lidando com uma operação Aeroportuária veiculada por Helicópteros, que é predominantemente concentrada em horário Administrativo, definiremos o LAeqD como a nossa métrica de avaliação, mais adequada para períodos diurnos, como já citado nesse projeto.

O método de avaliação do ruído foi definido [5] baseado em uma comparação entre o Nível De Pressão Sonora Corrigido (Lc) e o Nível De Critério De Avaliação (NCA), que representam as referências do que é aceitável ou não em termos poluição sonora, em função de certas áreas e suas funcionalidades perante à sociedade. Vale ressaltar que a norma NBR 10.151 define que devemos substituir os valores de NCA pelo Lra, nos casos em que o Nível De Ruído Ambiente for superior ao valor do NCA exposto na tabela 1, para a área e o horário em questão. Dessa forma nos certificamos que estamos sendo ainda mais coerentes frente às peculiaridades das áreas em avaliação.

Além disso é importante destacar que a norma em questão define critérios de avaliação para ruídos externos, e no caso da necessidade de estudar casos de ruído interno, ela nos diz que devemos aplicar uma regra de atenuação de fachada que consiste na subtração de 10 dB(A) (para janelas abertas) e 15 dB(A) (para janelas fechadas) em relação aos níveis de ruído encontrados, no nosso caso o Lc.

Os limites de horário para o período diurno e noturno (tabela 1) podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. Porém, o período noturno não deve começar depois das 22 h e não deve terminar antes das 7 h do dia seguinte. Se o dia seguinte for domingo ou feriado o término do período noturno não deve ser antes das 9 h.

Tabela 1: Nível de Critério de Avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(A).

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

4.2. NBR 10.152 – “Níveis de ruído para conforto acústico”

Esta Norma fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico, especificamente para ambientes internos, funcionando desta forma como um complemento a NBR 10.151. Na tabela 2 são exibidos os níveis sonoros para diferentes ambientes internos, sendo que o valor inferior a faixa é determinado como confortável e o valor superior é determinado aceitável. Qualquer valor maior que o valor superior da tabela é determinado desconforto, sem necessariamente implicar em risco à saúde. É válido também destacar que a norma em questão se mostra a mais adequada para a nossa abordagem, visto que estamos desenvolvendo uma análise acústica no entorno de um heliponto presente numa área significativamente habitada e urbanizada. Dessa maneira, um critério de avaliação de ruído interno evidencia-se mais compatível com o estudo e, como previsto na norma NBR 10.151, deveremos nos certificar que estejamos aplicando o método de avaliação recomendado de forma coerente, comparando os critérios de aceitabilidade e conforto externos ou internos com níveis de ruído dessas respectivas naturezas.

Como neste projeto utilizaremos o software INM para as simulações, e este nos fornece valores de níveis de ruído externo, deveremos então aplicar a regra de atenuação devido à presença de fachadas prevista na NBR 10.151, convertendo assim os resultados a valores de ruído interno devidamente passíveis a uma avaliação de conforto e aceitabilidade para ambientes internos, expostos na NBR 10.152.

Tabela 2: Valores em dB(A) para o nível interno em um ambiente determinado

Local	dB(A) Conforto – Aceitabilidade
Hospitais	
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos	35 – 45
Laboratórios, Áreas para uso do público	40 – 50
Serviços	45 – 55
Escolas	
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35 – 45
Salas de aula, Laboratórios	40 – 50
Circulação	45 – 55
Hotéis	
Apartamentos	35 – 45
Restaurantes, Salas de estar	40 – 50
Portaria, Recepção, Circulação	45 – 55
Residências	
Dormitórios	35 – 45
Salas de estar	40 – 50
Auditórios	
Salas de concertos, Teatros	30 – 40
Salas de conferência, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35 – 45
Restaurantes	40 – 50
Escritórios	
Salas de reunião	30 – 40
Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35 – 45
Salas de computadores	45 – 65
Salas de mecanografia	50 – 60
Igrejas e Templos (Cultos meditativos)	40 – 50
Locais para esporte	
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 – 60

4.3. RBAC 161 - Plano de Zoneamento de Ruído

O Regulamento Brasileiro de Aviação Civil - RBAC número 161 regula uma série de especificidades em relação aos aeródromos e das áreas que os circundam tais como: cartas de navegação visual, compartilhamento de aeroportos, movimento de aeronaves, restrição operacional, uso do solo e por último e mais importante ao trabalho, o ruído aeronáutico. Vamos citar apenas os planos de ruídos a seguir:

O Plano de Zoneamento de Ruído (PZR) é uma ferramenta que estabelece critérios técnicos aplicáveis na análise de questões de ruído aeronáutico civil.

O PZR é separado principalmente pelo Plano Básico de Zoneamento de Ruído (PBZR) e pelo Plano Específico de Zoneamento de Ruído (PEZR), sendo que diferença entre eles vai da necessidade de se fazer uma análise de um aeródromo com uma movimento de aeronaves menor ou maior respectivamente. Para o estudo de helipontos é comumente usado o PBZR.

No nosso caso não vamos usar o PZR diretamente no estudo, pois este regulamento se mostra mais aplicável num contexto de planejamento e construção de novos aeródromos visando prever o impacto sonoro na região relacionada ao mesmo, porém, de qualquer forma, não podemos deixar de abordar tal assunto principalmente para ajudar a entender toda a questão da poluição sonora dos helipontos.

Para fins de estudos e regulamentação do impacto sonoro, faz-se uma análise das curvas de ruído pelos órgãos fiscalizadores e verificam-se as Tabelas do PBZR ou PEZR [6].

De acordo com a norma, as curvas de ruído de um aeródromo devem estar nos limites dos modelos representados abaixo.

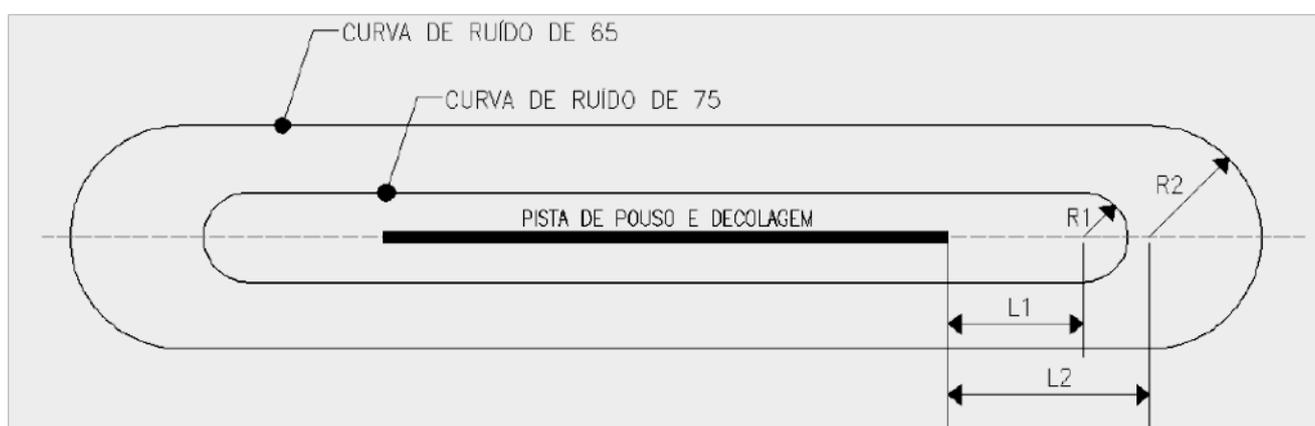


Figura 3: Exemplificação gráfica do PBZR (Fonte: [6])

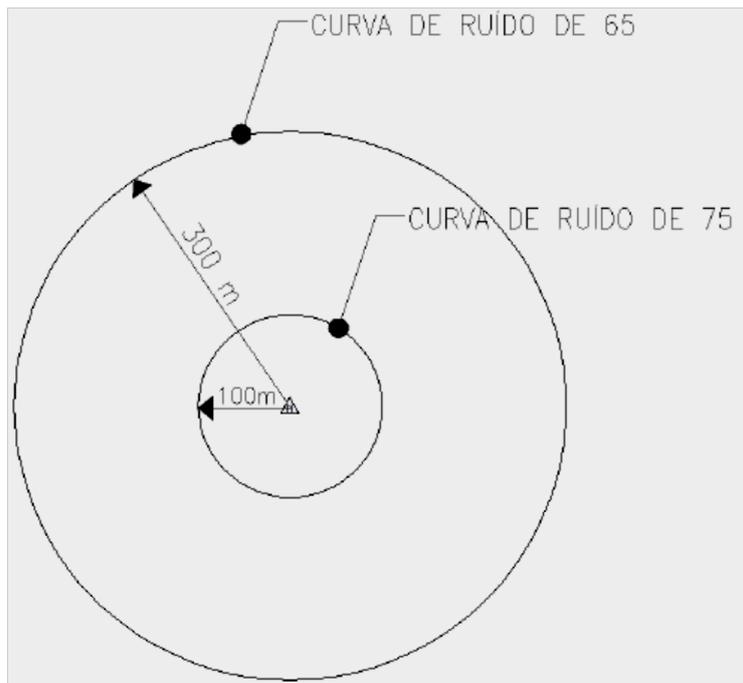


Figura 4: Curvas de ruído em torno de um heliponto impondo limites de 75 e 65 dB(A) de acordo com a distancia. (Fonte: [6])

5. O Rio de Janeiro

A “Cidade Maravilhosa” está num momento único, onde economia, turismo e cenário político estão consideravelmente aquecidos. Depois de anos de desalinhamento hoje temos prefeitura, governo do Estado e governo Federal se apoiando no mesmo plano político e investindo na cidade.

O porto antigo está sendo completamente revitalizado e ampliado e um complexo portuário está sendo construído na região da baía de Sepetiba. Grandes empresas multinacionais, em especial as de Petróleo e Gás, estão dando uma atenção especial ao mercado do Rio de Janeiro, trazendo grandes aportes financeiros e novas tecnologias. Além de investimentos em infraestrutura voltados também para os mega eventos esportivos.

Além do Estado do Rio de Janeiro ser responsável pela maior parte de produção de derivados petrolíferos do Brasil, foram descobertas grandes reservas de petróleo, o chamado pré-sal, onde há expectativas de haver de 40 a 80 bilhões de barris de petróleo na região[7]. Com essa descoberta a cidade se tornou um alvo ainda maior para grandes investidores.

A Cidade do Rio de Janeiro é a segunda com mais participação do PIB do Brasil[8]. E, para o estado, estão anunciados R\$ 181 bilhões de investimentos entre os anos de 2011 e 2013, o que representa um aumento de 44% em relação ao anunciado para o período 2010-2012.[9] Alguns estudos são ainda mais otimistas projetando R\$ 614 bilhões (dinheiro público e privado) para os próximos anos, sendo 84% dos futuros investimentos são nos setores de óleo e gás, mineração, siderurgia e petroquímica.[10]

Tendo em vista todo esse investimento e destaque no cenário mundial, o Rio de Janeiro é notícia principal nos veículos de comunicação de todo o planeta. É fácil deduzir que o turismo aumenta consideravelmente com toda essa exposição.

5.1. Transporte

O sistema de transportes do Rio de Janeiro é basicamente rodoviário com transporte de massa composto por ônibus, algumas linhas de trem e duas de metrô. Também possui a característica peculiar de ser repleto de morros dificultando os acessos e exigindo um plano de estruturação mais complexo e trabalhoso.

Como já foi dito, a cidade está em franca ascensão devido aos grandes eventos internacionais, turismo, petróleo e incentivo político para se tornar uma cidade comercial. Esse cenário favoreceu

imensamente o uso de transporte aéreo na cidade como alternativa rápida e eficaz, principalmente para as pessoas com maior poder aquisitivo e, em termos de versatilidade urbana, o helicóptero é o mais cobiçado.

Esse transporte é feito principalmente entre as principais entradas e saídas da cidade e seus pontos turísticos, sendo estes os 3 aeroportos, a zona sul da cidade e o bairro da Barra da Tijuca, como observamos na representação gráfica feita pela Revista Veja (figura 5).

POR ONDE ELES PASSAM

Confira os principais trajetos utilizados pelos helicópteros ao cruzarem os céus da cidade

ROTAS TURÍSTICAS

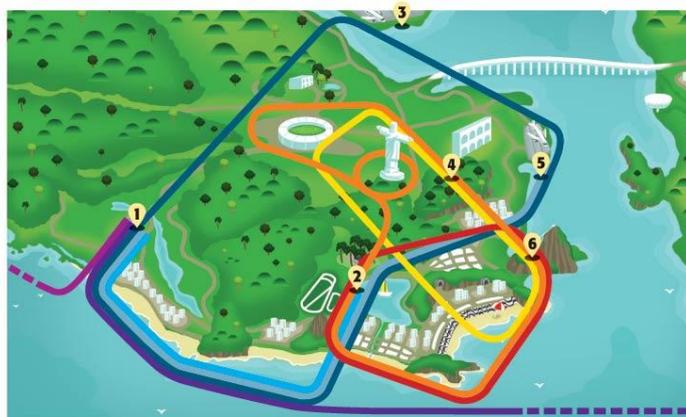
- Copacabana/Volta ao Cristo
- Praias de Ipanema e Copacabana, Praia Vermelha, Botafogo
- Lagoa, praias do Leblon, Ipanema e Copacabana, Pão de Açúcar, Centro, Maracanã, Volta ao Cristo, Jardim Botânico

ROTAS CONVENCIONAIS

- Aeroporto de Jacarepaguá/Heliporto da Lagoa
- Aeroporto de Jacarepaguá/Aeroporto Santos Dumont
- Aeroporto de Jacarepaguá/Aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim
- Aeroporto de Jacarepaguá/Angra dos Reis
- Aeroporto de Jacarepaguá/Búzios

HELIPONTOS

- 1 Aeroporto de Jacarepaguá
- 2 Lagoa Rodrigo de Freitas
- 3 Aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim
- 4 Mirante Dona Marta
- 5 Aeroporto Santos Dumont
- 6 Pão de Açúcar



FROTA EM EXPANSÃO

Em dez anos, a quantidade de aparelhos na cidade mais que dobrou



O TRÂNSITO NOS ARES

O Brasil tem 1 717 aparelhos de uso civil registrados. Abaixo, as seis maiores frotas estaduais

São Paulo	646
Rio de Janeiro	375
Minas Gerais	186
Paraná	72
Distrito Federal	62
Santa Catarina	62

BARULHO QUE VEM DO ALTO

Compare o índice de ruído provocado por dois tipos de helicóptero comuns na cidade*

*Em decibéis

Modelo pequeno, com uma turbina: Esquilo B2, Robinson R44, EC 120 Colibri, Bell Jet Ranger, Bell Long Ranger, **Bell 407**



Modelo grande, com dois motores: EC 135 (Eurocopter) e Agusta A109



Valor máximo permitido em áreas residenciais



Figura 5: Principais trajetos de helicópteros na cidade do Rio de Janeiro (Fonte: [11])

Infelizmente esse transporte traz um transtorno considerável em suas operações, o impacto sonoro no ambiente. E para entendermos isso precisamos entender o instrumento em si, como será visto a seguir.

6. O Helicóptero

Helicóptero foi definido [12] como uma aeronave que é levantada e movida por uma ou mais rotores horizontais, cada rotor possuindo duas ou mais lâminas. Devido ao fato de as pás do rotor girarem em torno de um mastro, são classificados como aeronave de asa rotativa, o que os distingue das aeronaves de asa-fixa convencional. Esse transporte tem como sua principal vantagem a versatilidade podendo voar na vertical, horizontal, em torno do próprio eixo e também pode ficar numa mesma posição no ar.

A sustentação se deve principalmente pelo rotor central que "empurra" o ar para baixo, como podemos ver na figura 6 a seguir. Além disso ele ajusta o ângulos das pás para manifestar determinados movimentos. Para ajudar no equilíbrio e evitar que aeronave tenha rotações no próprio eixo há também o rotor traseiro. As outras peças fundamentais do helicóptero são: fuselagem, trem de pouso, motor, transmissão, sistema de rotor principal e sistema de rotor de cauda; representadas na figura 7.

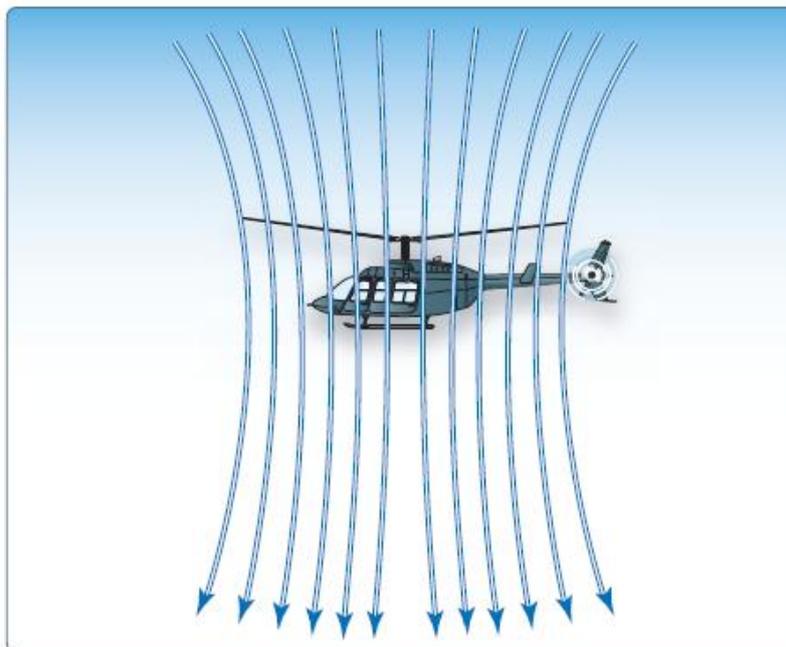


Figura 6: Sustentação quando a aeronave "empurra" o ar a baixo. (fonte: [12])

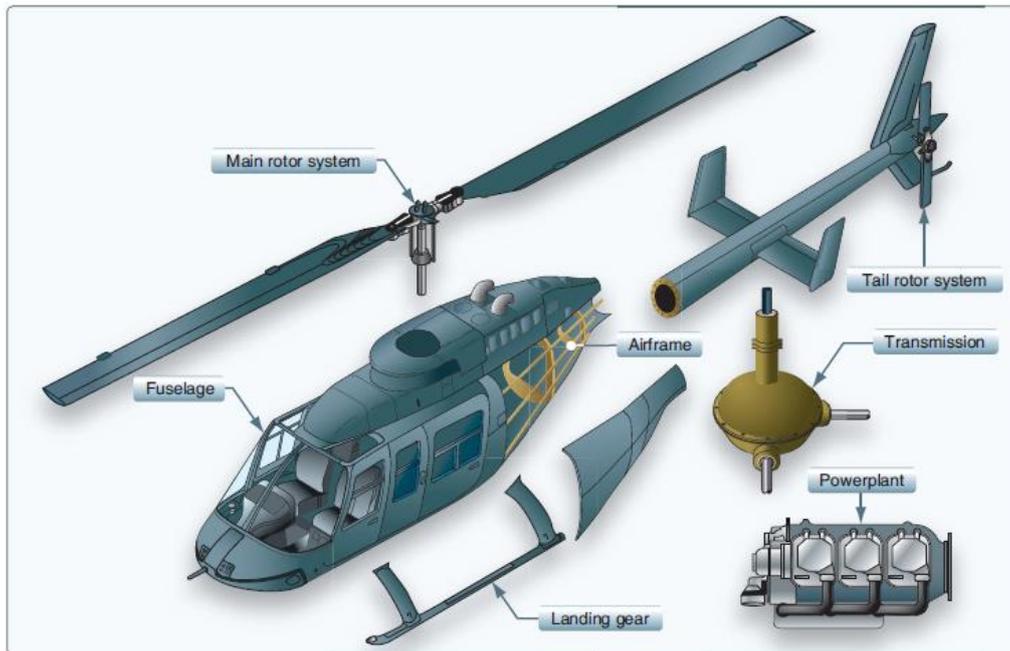


Figura 7: Partes Principais de um helicóptero (Fonte: [12])

6.1. Ruídos Causados pelo Helicóptero

Os ruídos são causados principalmente pelo motor, transmissão e rotores. Desses os rotores são os que provocam consideravelmente mais ruídos. O movimento feito pelos rotores provoca diversos tipos de ruídos durante todas as etapas de locomoção de um helicóptero. Alguns desses podem ocorrer por:

- *Blade-Vortex Interaction* (BVI), que acontece devido à interação de uma pá do rotor com os vórtices de ponta derramados por pás anteriores (ocorre notoriamente durante pousos e decolagens);
- Fluxo de ar caótico do rotor principal que influencia o rotor da cauda;
- Rotor de calda que provoca um som em alta – frequência, que afeta um ser humano sensivelmente principalmente quando se aproxima do mesmo;
- *High-Speed Impulsive Noise* (HSI), que se manifesta na região à frente do helicóptero, nas lâminas do rotor principal;
- Fluxo de ar do rotor, entre o rotor e a sua lâmina causando turbulência e outros.

Poderemos ver exemplos desses ruídos intensos nas figuras 8, 9 e 10.

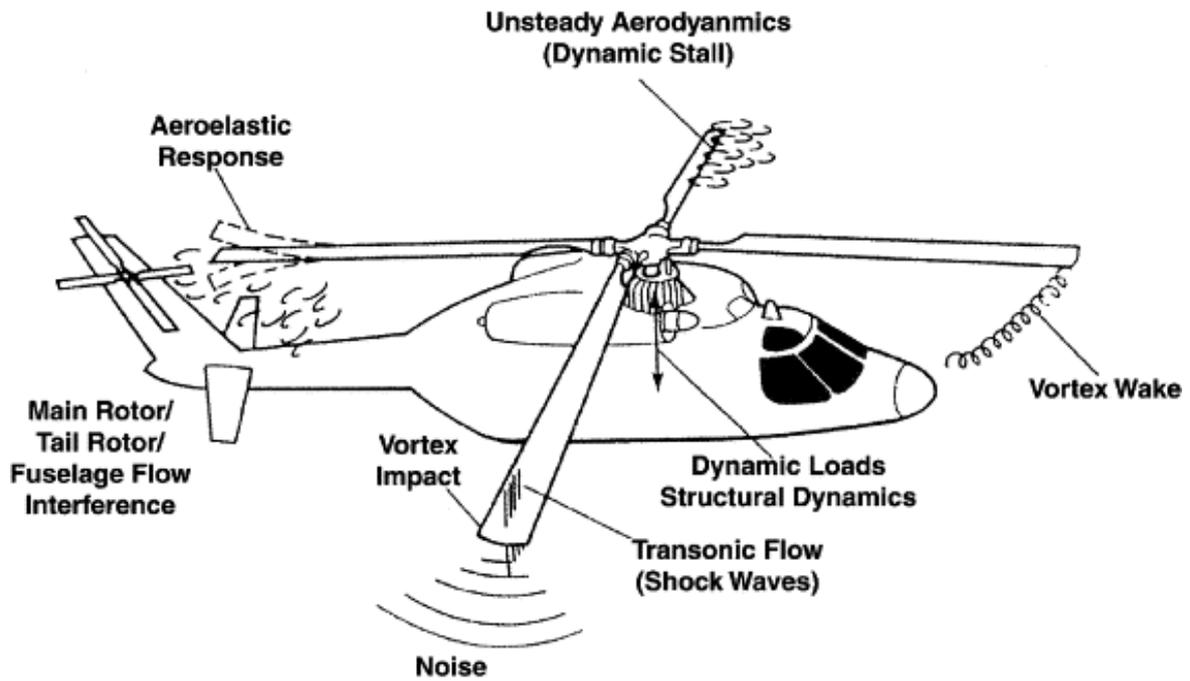


Figura 8: Tipos de ruído num helicóptero (Fonte: [13])

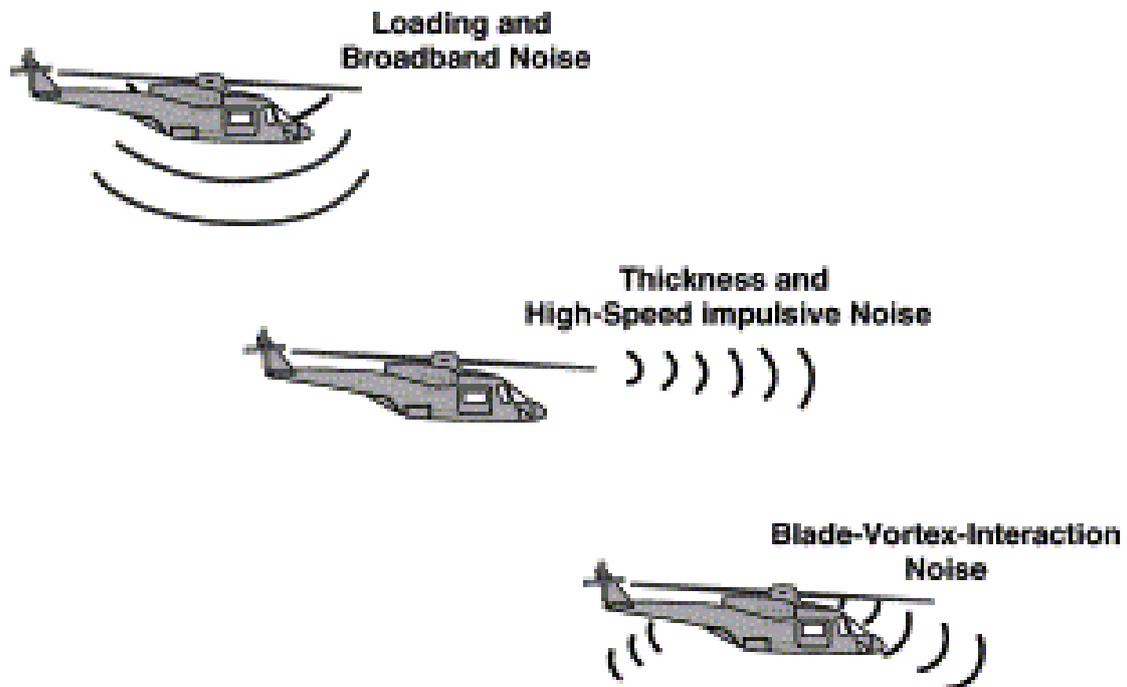


Figura 9: Tipos de Ruído num helicóptero (Fonte: [13])

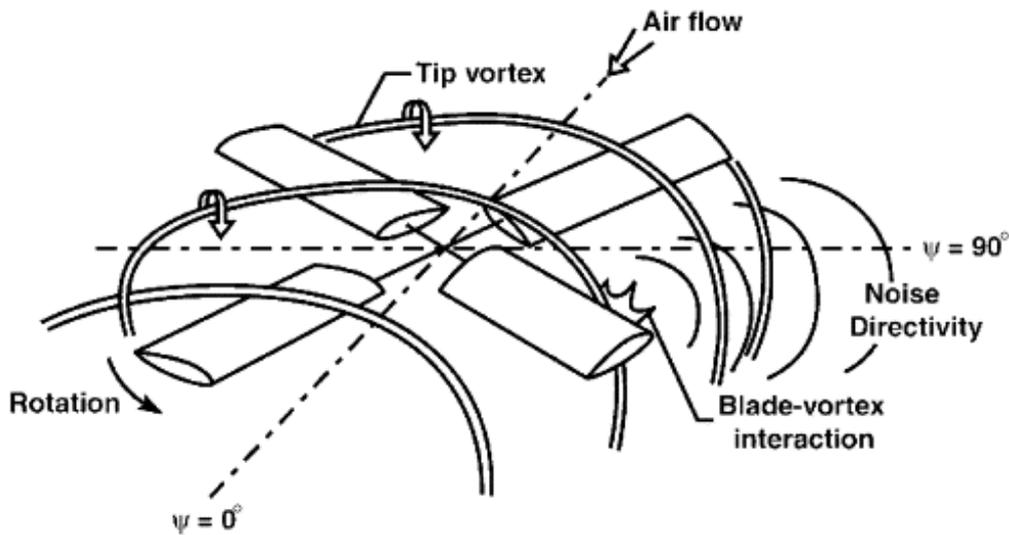


Figura 10: Vórtex no rotor principal (Fonte: [13])

Existem vários estudos e progressos tecnológicos para diminuição desses ruídos e inclusive aeronaves com ótima redução ruído. Porém só os modelos mais caros possuem essas tecnologias e há um demora natural para que a tecnologia passe a ser popular ou até mesmo economicamente viável. Além disso, não se pode deixar de citar, os helicópteros são máquinas de tempo de vida útil muito elevado.

Numa primeira análise, percebe-se que seria no mínimo complexo começar a cobrar e fiscalizar as empresas em relação a troca de toda uma frota, ou a instalação de componentes de atenuação de ruído cuja tecnologia ainda é bastante custosa e bem pouco acessível ao mercado em grande escala. De qualquer forma, esse não seria o foco desse projeto.

6.2. Formas de redução de ruído

Podemos valer de operações de voo a fim de diminuir o ruído de helicópteros no ambiente urbano, por intermédio da utilização de rotas alternativas, rotas com ruídos elevados e modos de operação do veículo.

Sendo elas:

- Mover-se em altitude elevada;
- Manter-se em velocidade de cruzeiro;
- Evitar movimentos bruscos incluindo no momento de decolagem e aterrissagem;

- Buscar rotas alternativas evitando repetição da passagem num mesmo ponto;
- Utilizar rotas ao longo de autoestradas, rios, ferrovias e locais com ruído elevado;
- Evitar rotas que passam em lugares críticos como escolas, hospitais e asilos;

6.2.1 Gestão do ruído em outras cidades

O Rio de Janeiro sofre com problemas da poluição sonora do transporte por helicópteros assim como várias cidades emergentes em todo mundo. No entanto, cidade grandes como Nova York, Paris e mais recentemente São Paulo souberam lidar com isso no passado de maneira muito satisfatória e vamos discutir sobre elas brevemente, a fim de ter parâmetros e ajudar na reflexão.

O prefeito Rudolph Giuliani, eleito em 1994 para governar Nova York, implantou a política de "tolerância zero" que era aplicada principalmente na área criminal, porém se estendeu em várias regras normativas e, entre elas, as leis e normas em relação as transporte por helicópteros. Ele fechou um heliporto importante, mudou trajetos e impôs medidas mais rígidas reduzindo cerca de 30% dos voos.

Atualmente, chegou-se a certo senso comum entre os interesses comerciais e a comunidade. Foram eliminados [18] os passeios curtos e as paradas em alguns pontos turísticos famosos, como o Central Park e Empire State Building. Foi estabelecida a altura de voo de 1500 pés(457,2m), a maioria dos helipontos ficam fora do centro da cidade, os veículos precisam seguir rotas pré-estabelecidas e evitarem voos destinados unicamente ao abastecimento, que para tal foi aprovada a instalação de tanques de combustível em certos helipontos, prática até então tida como ilegal. Além disso, há um telefone gratuito para reclamações e denúncias sobre uso irregular dos transporte para a comunidade. O resultado foi que, de cidade-problema, Nova York virou referência para outras cidades dos EUA.

Em Paris, a situação é diferente, cerca de metade do tráfico por helicóptero é não comercial (militar, defesa civil, etc), não existindo muitos problemas com voos turísticos. Houve uma ação mais preventiva, desde 1948, e depois, a partir 1994, ações mais modernas. Antes de haver maiores problemas, seguiu exemplo de outras metrópoles e proibiu rotas por pontos mais populosos, atrações turísticas principais e muito antigas. É também exigido[19] que a aeronave siga estritamente as rotas preestabelecidas, voe entre 200 e 350 metros e comece a aterrissar a partir de 200 metros, o que, segundo as autoridades, fez os ruídos diminuírem 3 dB(A).

Já em São Paulo, a cidade com a maior frota de helicópteros do mundo, desde 2009 foi sancionada uma lei com várias restrições, principalmente, em relações aos helipontos. A principal alteração se refere ao estabelecimento de helipontos, que devem ter ruído máximo de 85 decibéis e altura mínima de 25 metros, e se localizar a uma distância mínima de 300 metros em relação a escolas, hospitais e outras edificações sensíveis. Como resultado, fecharam-se vários helipontos irregulares e especula-se que, até 2014, diversos outros ainda serão fechados. O que podemos extrair é que houve uma iniciativa em relação ao controle de tráfego e do ruído.

Em todas cidades comentadas há em comum normas oficializando as rotas e os limites de ruído, além de determinações para aeronave voar sobre rios, autoestradas e outras rotas onde o impacto sonoro seja menos prejudicial e a locomoção mais segura.

7. O Heliponto

Um heliponto é uma área destinada a apenas pousos e decolagens de helicópteros sem poder, normalmente, reabastecer o veículo ou abrigar para fazer manutenções.

O heliponto da Lagoa Rodrigo de Freitas (Heliponto da Lagoa), que aparece na figura 11 logo em seguida, está localizado a margem da Lagoa Rodrigo de Freitas no bairro da Lagoa, área nobre do Rio de Janeiro. Encontra-se em uma posição estratégica, próximo de pontos turísticos importantes, como o Cristo Redentor e o Pão de Açúcar, e de centros empresariais, configurando em um dos helipontos mais concorridos da cidade.

O espaço é da Prefeitura e concedido às empresas Helisul e Helisight, que exploram voos panorâmicos e taxi aéreo. Além de alguns outros voos feitos por autoridades, polícia, bombeiro e hospitais.

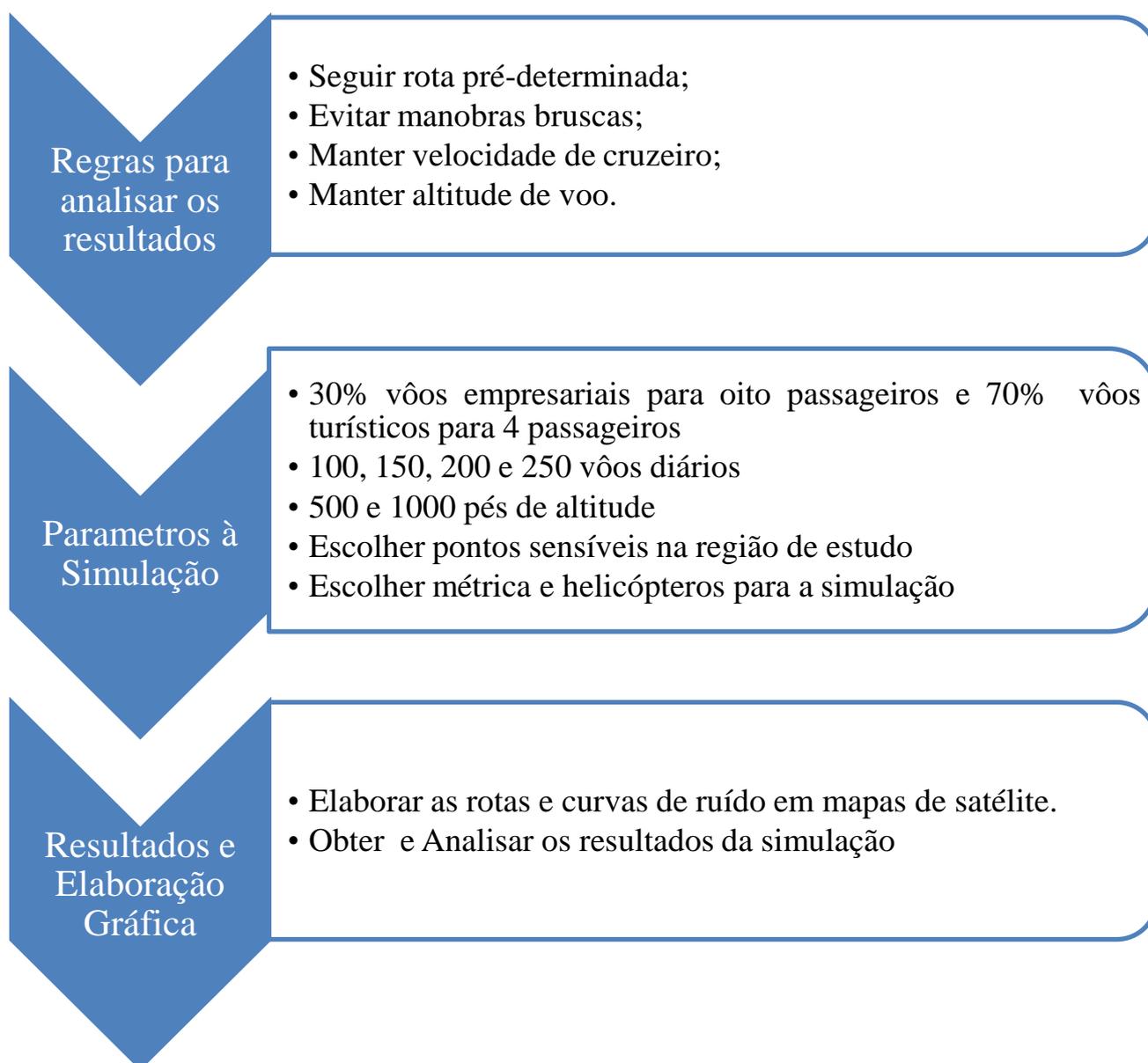
Atualmente não há números precisos dos órgãos fiscalizadores e nem das empresas responsáveis pela quantidade de voos diários, porém é notório através de observação simples, testemunhos de moradores e reportagens que o heliponto tem um tráfego considerável.



Figura 11: Heliponto da Lagoa (Fonte: [14])

8. Metodologia de Análise

A metodologia foi basicamente desenvolvida seguindo as normas atuais de tráfego de helicópteros na Cidade do Rio de Janeiro e mais precisamente no Heliponto da Lagoa, assim como certas rotas permitidas vindas dos dois aeroportos mais próximos da zona sul. Parâmetros como variação no número de voos e altitudes dos helicópteros, bem como os modelos das aeronaves utilizados foram considerados nas simulações. Após as simulações utilizando software específico, foi realizada uma análise dos dados obtidos com resultados suficientes para entendermos o impacto sonoro na região. Para o melhor entendimento, veremos primeiro um organograma e em seguida cada etapa é detalhada.



8.1. Regras de tráfego de helicópteros

Atualmente, não há uma rota turística oficial, principalmente, devido às mudanças recentes (junho até o momento setembro de 2012)[6]. No entanto, estão sendo feito acordos entre as empresas de transporte aéreo e as autoridades públicas. Foi acordado, no caso do Heliponto da Lagoa, que os helicópteros teriam que passar pelo canal do Jardim de Alah, pela avenida Vital Brasil, não passar pelo lado direito da Lagoa e pelo bairro da Urca. Os lugares principais estão representados na figura 15.

Também foi determinado que **os pilotos devem evitar mudanças bruscas na aeronave, manter velocidade de cruzeiro e mover a 1000 pés (302m).**

As curvas de ruído foram calculadas simulando os impactos sonoros em ambientes externos, de acordo com métrica LAeqD, já definida como o nosso Lc. Considerou-se que as residências, hospitais, escolas e demais construções possuem ambientes externos de importante papel na qualidade de vida do cidadão como jardins, varandas, pátio, coberturas, etc. Vale ressaltar novamente que, no caso de uma análise específica em ambientes internos, deve-se aplicar as correções previstas na NBR 10151, contemplando os efeitos de atenuação de fachada. **Vamos utilizar as atenuações apenas nos dados conclusivos e esta será de - 10dB(A), adotando uma postura conservadora.**

8.2. Parâmetros de Simulação

As simulações têm como objetivo evidenciar o impacto sonoro, através de curvas de ruído em pontos sensíveis dos bairros próximos ao Heliponto da Lagoa. Para isso, consideramos certos parâmetros, como veremos a seguir:

- Uma rota baseada em um dos passeios principais da agência Helisight, que também pega trechos de tráfego aéreo intenso.



Figura 15: Pontos importantes na rota estudada (Fonte: [15])

- Duas rotas vindas dos aeroportos Santos Dumont e de Jacarepaguá, **representando 30% voos empresariais para oito passageiros e 70% voos turísticos para 4 passageiros**, no estudo para cada simulação. Baseado nisso, temos a rota como vemos na figura 16 :



Figura 16: Traçado com as 3 rotas. (Fonte: [15])

- O número de voos também não é oficializado. Então, admitimos valores determinados pelos meios de comunicação, **estabelecendo um número de 100, 150, 200 e 250 voos diários, nas altitudes de 500 e 1000 pés.**

- **Seis pontos estratégicos** foram escolhidos, com suas respectivas coordenadas de latitude e longitude, como observamos na figura 12 e descritos a seguir:

E-01 -22.985846,-43.216064

Centro de Educação Sarah Dawsey

Avenida Borges de Medeiros, 67 - Leblon

H-01 -22.946495,-43.185825

Hospital Samaritano - Emergência

Rua Bambina, 98 - Botafogo

E-02 -22.945734,-43.186522

Escola Municipal Presidente Arthur da Costa e Silva

Rua Assunção, 257 - Botafogo

C-01 -22.948135,-43.193449

Creche Casa Santa Marta

Rua Marechal Francisco de Moura, 234 - Botafogo

R-02 -22.959116,-43.207118

Área residencial do bairro Humaitá

H-02 -22.963066,-43.216301

MS Hospital Federal da Lagoa

Rua Jardim Botânico, 501 - Jardim Botânico



Figura 12: Pontos que serão estudados numa área da Zona Sul do Rio de Janeiro (Fonte: [15])

- Como já citado, a métrica utilizada nas simulações será o **Nível Equivalente de Pressão Sonora Diurna (LAeqD)**, adequada para períodos diurnos, de acordo com as Normas Brasileiras e com o novo horário de voos que é de 9 horas da manhã até o pôr-do-sol (aproximadamente 6 horas da tarde).
- Dois modelos de helicópteros disponíveis no programa INM 7.0b, que representam bem os utilizados no Brasil, principalmente na Helisul e Helisight, foram utilizados:

Bell B206L (figura 13)

Um dos helicópteros mais versáteis do mercado civil e militar. Econômico, resistente e seguro.

Tripulação: 1 piloto

Capacidade: 4 passageiros

Max. peso de decolagem: 1.451 kgf

Velocidade máxima: 224 km / h

Alcance: 430 km, 693 km

Pás: 4

Número de Motores: 1



Figura 13: Modelo B206L (Fonte: [16])

AgustaWestland A109 (figura 14)

Helicóptero econômico, muito versátil e com capacidade média de passageiros.

Tripulação: 1-2

Capacidade: 7-6 passageiros

Max. peso de decolagem: 3000 kgf

Velocidade máxima: 285 km / h

Alcance: 964 km

Pás: 6

Número de Motores: 2



Figura 14: Modelo A109 (Fonte: [17])

8.3. Resultados e Elaboração Gráfica

Utilizamos o programa *Integrated Noise Model* (INM 7.0b) para obter as curvas de ruído e os dados relativos aos pontos geográficos. Para isso, todos os parâmetros citados anteriormente foram usados.

Para a elaboração das rotas e curvas de ruído nos mapas de satélite foram realizadas as seguintes etapas:

- Elaborar as curvas de ruído, com o programa INM ;
- Capturar a imagem do mapa referente a região do estudo, com programa Google Earth 6.2
- Exportar ambas imagens para o programa AutoCad 2012 e colocar na mesma escala e pontos geográficos estudados;
- Destacar as curvas de ruído para melhor entendimento, com tratamento na imagem com o programa Photoshop 3.5.

As figuras da simulação ficaram ao final do trabalho no **Apêndice A**. Elas representam o impacto nos mapas via satélite com as curvas de ruído (figuras 17 a 26). Resumidamente, pode-se dizer que estudamos as regras da cidade, escolhemos algumas variáveis para simulação, simulamos com o programa INM, explicitamos graficamente com ajuda de outros programas e obtemos dados importantes para a conclusão do estudo, como veremos a seguir.

8.3.1 Análise dos Resultados

Vamos analisar a seguir os dados coletados no estudo dispostos nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3: O impacto sonoro em dB(A) – métrica LAeqD nos pontos em relação a altitude e número de voos.

	Voos	C-01	E-01	E-02	H-01	H-02	R-02
500 pés (152,4m)	50	54,7	52,4	52,3	52,6	44,7	50,7
	100	57,8	55,5	55,3	55,6	47,7	53,8
	150	59,5	57,2	57,0	57,4	49,4	55,5
	200	60,8	58,5	58,3	58,7	50,7	56,8
	250	61,7	59,4	59,3	59,6	51,7	57,7
1000 pés (304,8m)	50	50,3	50,4	48,7	48,6	45,6	50,1
	100	53,3	53,4	51,5	51,6	48,6	53,2
	150	55,0	55,2	53,2	53,4	50,3	54,9
	200	56,3	56,4	54,5	54,6	51,6	56,2
	250	57,2	57,4	55,7	55,6	52,6	57,1

A partir da tabela 3, desenvolvemos outra, na qual aplicaremos a atenuação de fachada de **- 10 dB(A)** aos valores encontrados, respeitando a Norma NBR 10.151. Além disso, destacaremos de verde os valores abaixo de 45 dB(A) que respeita de maneira aceitável zonas sensíveis como escolas, hospitais e residências, segundo a norma NBR 10.152. E, por último, mesmo não sendo formalmente citado pelas normas em questão, vamos destacar em amarelo os valores abaixo de 50dB(B), pois são considerados ainda aceitáveis, mesmo já sendo tidos como indesejáveis e próximos de causarem nível de estresse e desconforto [3]:

Tabela 4: Verificação dos pontos em dB(A) com ruído permitido pelas normas Brasileiras.

	Voos	C-01	E-01	E-02	H-01	H-02	R-02	Média
500 pés (152,4m)	50	44,7	42,4	42,3	42,6	34,7	40,7	41,23
	100	47,8	45,5	45,3	45,6	37,7	43,8	44,28
	150	49,5	47,2	47,0	47,4	39,4	45,5	46
	200	50,8	48,5	48,3	48,7	40,7	46,8	47,3
	250	51,7	49,4	49,3	49,6	41,7	47,7	48,23
1000 pés (304,8m)	50	40,3	40,4	38,7	38,6	35,6	40,1	38,95
	100	43,3	43,4	41,5	41,6	38,6	43,2	41,93
	150	45,0	45,2	43,2	43,4	40,3	44,9	43,67
	200	46,3	46,4	44,5	44,6	41,6	46,2	44,93
	250	47,2	47,4	45,7	45,6	42,6	47,1	45,93

Valores em Verde(X) são os abaixo de 45 dB(A)

Valores em Amarelo(X) são os abaixo de 50 dB(A) e acima de 45dB(A)

Média é a média aritmética dos valores de suas respectivas linhas.

Como podemos ver, a mudança da altitude de voo gera variações significativas para uma efetiva diminuição do ruído - enquanto a 500 pés temos 11 pontos (37%) abaixo de 45 dB(A), a 1000 pés há 20 pontos(67%), ou seja, eleva-se em quase 50% o número de pontos considerados adequados em termos de nível de ruído. Em adendo, é conveniente destacar que obtemos duas sequências inteiras, representadas pelas linhas de 50 e 100 voos, abaixo de 45 dB(A) e dentro da Norma NBR 10.152. Vale ressaltar que mesmo obtendo um resultado relativamente positivo, considerando o nível tolerável de 50 dB(A), ainda observamos um grande número de pontos estratégicos fora da norma.

Já numa avaliação mais centrada nos resultados médios, expressos na última coluna à direita, observamos 4 valores abaixo de 45 dB(A) para voos a 1000 pés, contra apenas 2 na outra altitude estudada, representando uma variação de 100%. Nota-se também que, nessa mesma ótica de análise, com uma duplicação na altitude (de 500 pés para 1000 pés) podemos também dobrar a frequência de voos (de 100 para 200) e assim obtemos resultados médios toleráveis, de acordo com a Norma NBR 10.152.

Em suma, os resultados a 1000 pés são inegavelmente melhores o que, teoricamente, poderia ser uma boa solução para o problema. Porém, na prática, podemos nos deparar com algumas limitações técnicas no que diz respeito à fiscalização e ao controle de certos parâmetros de tráfego aéreo (número de voos diários, por exemplo), no contexto regulatório atual. Além disso, como os dados estão condicionados ao fator atenuante de -10 dB(A) para ambientes internos, se consideramos que escolas, hospitais e residências possuem áreas sociais abertas, pátios, jardins etc, em que o ruído não teria tal fator atenuante, a maioria dos números estaria perigosamente fora das normas brasileiras.

9. Conclusão

A Cidade do Rio de Janeiro apresenta uma realidade complexa devido à crescente relevância do uso de helicópteros e os transtornos causados pelos ruídos dos mesmos. Levando em conta o cenário econômico previsto para os próximos 5 anos, no qual são previstos grandes investimentos relacionados aos mega-eventos esportivos, além de toda a atividade do mercado de Petróleo e Gás, teremos uma forte tendência ao aumento das atividades turísticas e o fomento das operações empresariais e corporativas, antes mais centralizadas em São Paulo e agora olhando com mais atenção à cidade maravilhosa. Não é difícil ter a sensibilidade, mesmo que de forma qualitativa, que ter uma operação com mais do que os estabelecidos 100 voos diários no Heliponto da Lagoa é ainda uma estimativa conservadora nesse contexto. Além disso, soma-se a possibilidade de serem estabelecidas novas rotas, relativas ao heliponto, passando por lugares como o Jardim do Alah, parte do centro de Botafogo e outros pontos comuns para rotas de voos, e veremos que todo o cenário de impacto sonoro, que já é bastante significativo, terá uma tendência clara de agravamento nesses próximos cinco anos.

A situação atual do transporte por helicópteros deve ser reavaliada, a fim de evitar que o impacto sonoro continue afetando o bem estar da população em torno das rotas de operação dos mesmos. A partir das análises apresentadas para redução de ruído, percebemos a inviabilidade de soluções baseadas no uso de novas tecnologias ou na renovação da frota, devido ao custo elevado.

Diante das constatações apresentadas, foram avaliados outros métodos para redução de ruídos baseados em estratégias de voo, estimulados por técnicas adotadas pelas autoridades públicas atuais: alteração da altitude dos vôos de 500 para 1000 pés e uso de rotas alternativas menos sensíveis aos ruídos, que usem percursos sobre rios ou estradas, evitando passar por áreas residenciais. Os resultados foram bastante positivos e a maior parte dos índices de ruído respeitam as normas de impacto sonoro. Entretanto, seria necessário um controle de tráfego aéreo rigoroso limitando o número de voos diários e fiscalizando atitudes irregulares dos pilotos, algo que demandaria grandes investimentos e vontade política. Além do fato, de mesmo com estes índices estando dentro da norma, ainda haveria poluição considerável em ambientes externos, onde a ruído aumenta em 10dB(A). Dessa forma, seria menos arriscado adotar altitude mínima de 1500 pés e estabelecer uso obrigatório de rotas pré-definidas.

Portanto, numa primeira análise, é extremamente conveniente nos basearmos nos modelos implementados em cidades referência como São Paulo e Nova York, onde observamos a regulamentação das atividades de Helipontos e Helicópteros, a instituição de órgãos para fiscalização e

controle, com a devida aplicação de normas proibitivas passíveis de punições. Esse pode ser o primeiro passo para encontrarmos uma solução técnica e economicamente viável para a resolução dos problemas relacionadas com a poluição sonora causada pelo tráfego de helicópteros na Cidade do Rio de Janeiro.

10. Bibliografia

- [1] - GUERRA, R. **Curso de terapêutica da fala**. 2007/2008. Disponível em: <<http://w3.ualg.pt/~rguerra/Acustica/introducao.pdf>>. Acesso em: 23 julho de 2012.
- [2] - HSEGT Consultoria. **Ruído no local de trabalho - Um perigo "silencioso"**. Site eletrônico. Disponível em: <http://www.hsegt.pt/servicos/hst/ruido_lab_FAQs.html>. Acesso em: 23 julho de 2012.
- [3] - BIRGITTA, B. THOMAS, L. DIETRICH, S. **Guidelines for community noise**. Preparado por The World Health Organization e publicado em 1995 por Stockholm University and Karolinska Institute. Disponível em: <<http://www.who.int/docstore/peh/noise/>>. Acesso em: 28 julho de 2012.
- [4] - ROLDÃO, C. Som e Ruído. **Níveis de pressão sonora em bandas militares no DF**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Católica de Brasília. Brasília. Novembro de 2008. PP 4-9.
- [5] - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**. Rio de Janeiro, junho de 2000. 4p.
- [6] - REGULAMENTO BRASILEIRO DA AVIAÇÃO CIVIL. **Plano De zoneamento de ruído – PZR**. RBAC nº 161. Emenda nº 0015. 12 janeiro de 2011. 17p.
- [7] - Tema especial pré-sal. Revista **Veja**, versão eletrônica. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/tema/pre-sal>>. Acesso em: 04 de abril de 2013.
- [8] - **Tabela de resultados, produto interno bruto**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE Site Eletrônico. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Pib_Municipios/2010/pdf/tab01.pdf>. Acesso em: 10 agosto de 2012.
- [9] **Por que investir no Rio?**. Sistema FIRJAN - Site Eletrônico. Disponível em: <<http://www.firjan.org.br/data/pages/2C908CE9229431C90122AA87EA2643CB.htm>>. Acesso em: 10 agosto de 2012.
- [10] **Investimentos no Rio de Janeiro**. Site eletrônico Rio Negócios. Disponível em: <<http://rio-negocios.com/sobre-o-rio/investimentos/>> Acesso em: 10 agosto de 2012.
- [11] - CERQUEIRA, S. Batalha do céu. Revista **VejaRio**, versão eletrônica 18 abril de 2012. Disponível em: <<http://vejario.abril.com.br/edicao-da-semana/aumento-numero-voos-helicoptero-rio-682009.shtml>>. Acesso em: 10 agosto de 2012.

- [12] - UNITED STATES DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Helicopter flying handbook**. 2012. Disponível em : < www.faa.gov >. Acesso em: 3 setembro de 2012.
- [13] - BRENTNERA, K. S.; FARASSAT, F. "Modeling aerodynamically generated sound of helicopter rotors". **Progress in Aerospace Sciences**. Volume 39, Issues 2–3, PP 83–120, fevereiro-abril 2003. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0376042102000684> >. Acesso em: 13 setembro de 2012.
- [14] - HELISIGHT Taxi Aéreo. Site eletrônico. Disponível em: < <http://www.helisight.com.br/home/img.php?f=2011,11,03-f6d20.jpg> >. Acesso em: 15 agosto de 2012.
- [15] - As curvas elaboradas no INM foram sobrepostas, através do AutoCad 2012, ao mapa do Google earth 6.2.
- [16] - WIKIPEDIA. **Bell 206**. Última modificação 20 setembro de 2012. Disponível em: < [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bell_206L3_\(D-HASA\).jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bell_206L3_(D-HASA).jpg) >. Acesso em: 14 setembro de 2012.
- [17] - WIKIPEDIA. **AgustaWestland AW109**. Última modificação 17 setembro de 2012. Disponível em: < http://en.wikipedia.org/wiki/File:Pilatus_Agusta_A109_Flug.jpg >. Acesso em: 14 setembro de 2012.
- [18] - New York City Economic Development Corporation. **New York city helicopter sightseeing plan**, 30 abril de 2010. <<http://www.nycedc.com/press-release/new-york-city-economic-development-corporation-releases-new-york-city-helicopter> > Acesso em: 14 setembro de 2012.
- [19] - MAIRIE DE PARIS. **L'espace aérien parisien**. 03 junho de 2011. <http://www.paris.fr/pratique/deplacements-voirie/transports-en-commun/l-espace-aerien-parisien/rub_385_stand_4776_port_1208 > Acesso em: 15 setembro de 2012.
- [20] - GABRIELA, F. Trânsito Nas Alturas. Revista **Alpha Report** <<http://www.alphareport.com.br/transitoAlturas/transitoAlturas.html>> Acesso em: 15 setembro de 2012.
- [21] - PIMENTEL-SOUZA, F. Efeitos da poluição sonora no sono e na saúde em geral - ênfase urbana. Revista **Brasileira de Acústica e Vibrações**, 10: pp 12-22, 1992.
- [22] - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**. Rio de Janeiro, dezembro de 1987. 4p

[23] - Rotas de voos turísticos no rio são alteradas para diminuir poluição sonora causada por helicópteros. Portal de Comunicação **Agencia Brasil**. 24 julho de 2012. <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/noticia/2012-07-24/rotas-de-voos-turisticos-no-rio-sao-alteradas-para-diminuir-poluicao-sonora-causada-por-helicopteros>>. Acesso em: 20 agosto de 2012.

Apêndice A - Figuras da Simulação

- A seguir temos a representação dos resultados, os mapas via satélite com as curvas de ruído (figuras 17 a 26).

50 voos - 500 pés (152,4)

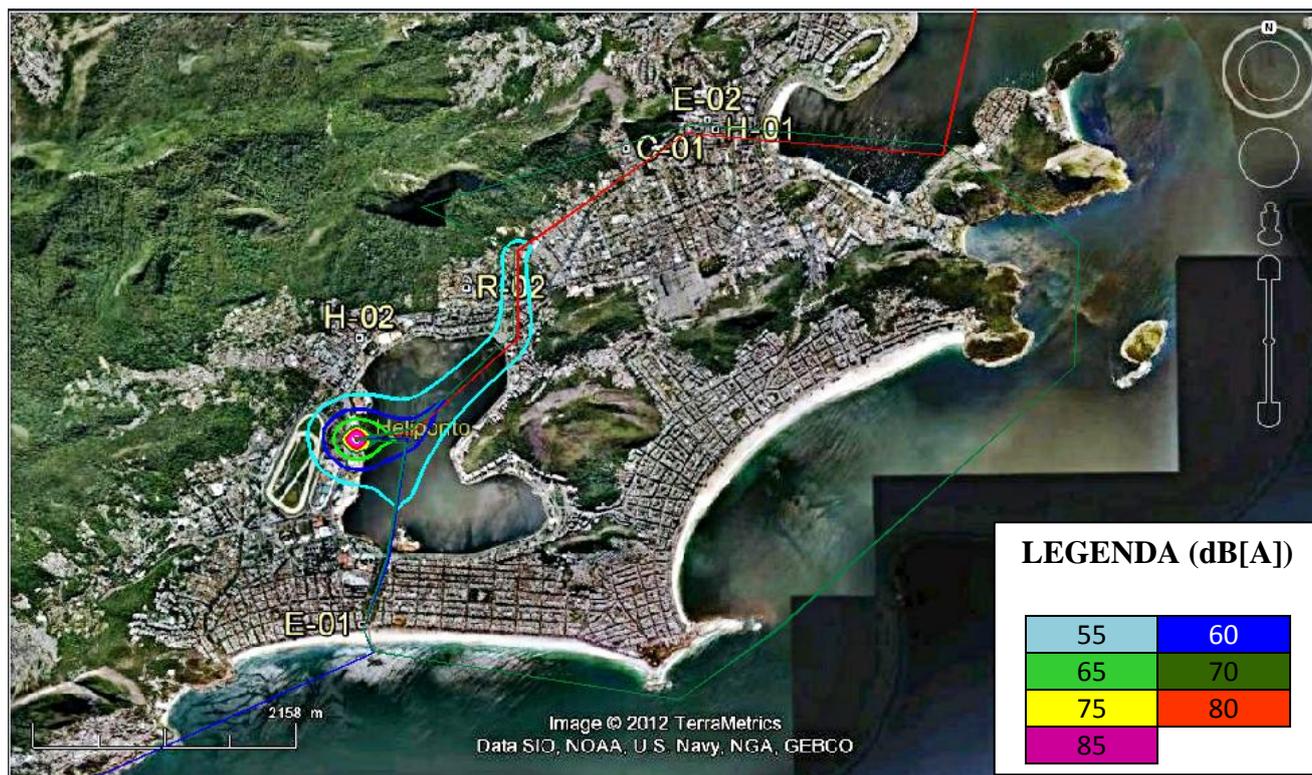


Figura 17: Curvas de ruído do Heliponto a 500 pés – 50 vôos (Fonte: [15]).

100 voos - 500 pés (152,4m)

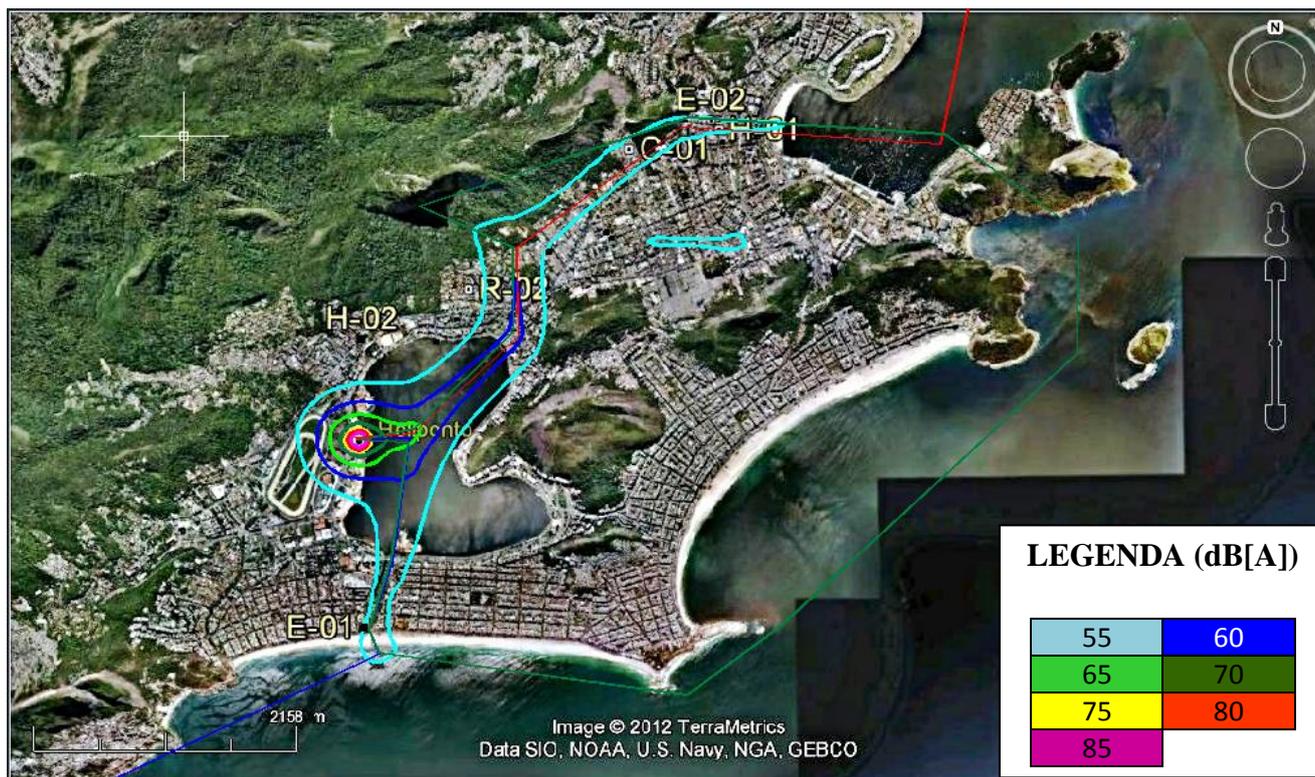


Figura 18: Curvas de ruído do Heliponto a 500 pés – 100 vôos (Fonte: [15]).

150 voos - 500 pés (152,4m)

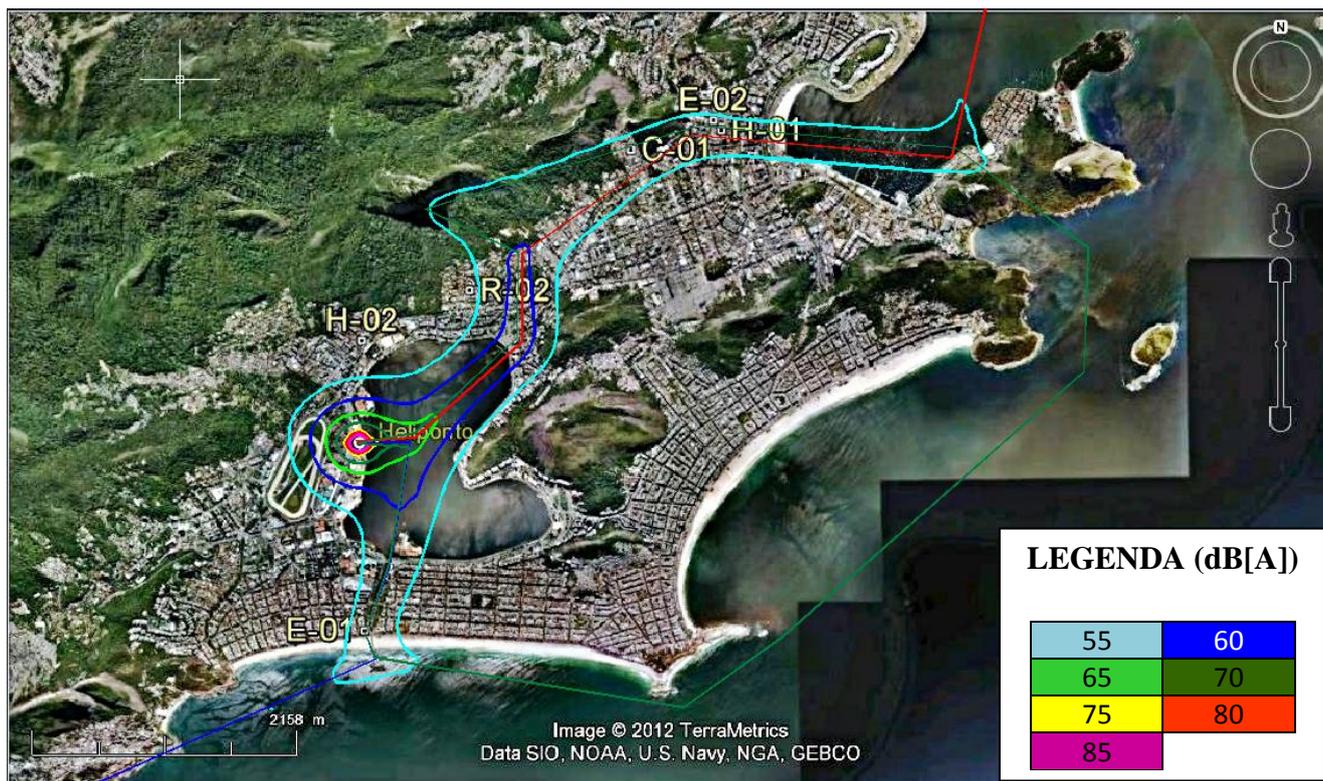


Figura 19: Curvas de ruído do Heliponto a 500 pés – 150 vôos (Fonte: [15]).

200 voos - 500 pés (152,4m)

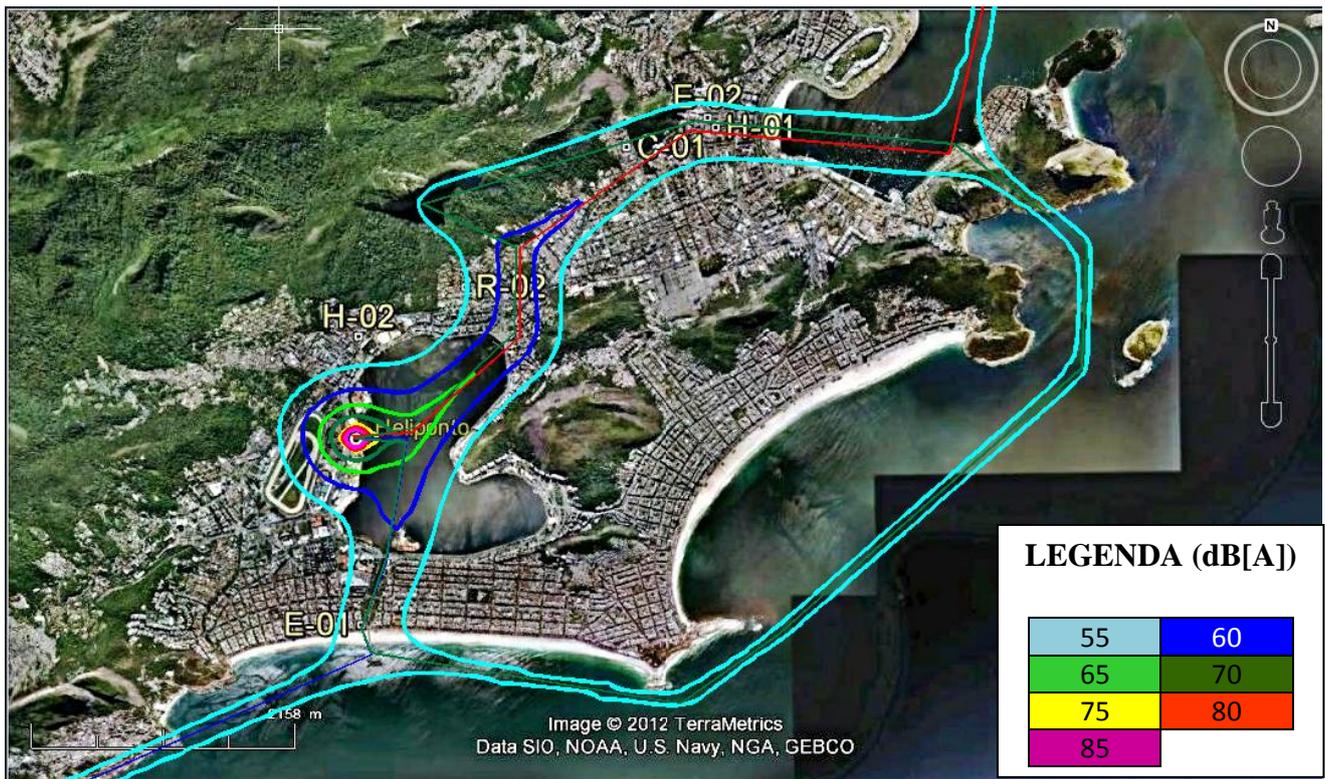


Figura 20: Curvas de ruído do Heliponto a 500 pés – 200 vôos (Fonte: [15]).

250 voos - 500 pés (304,8m)

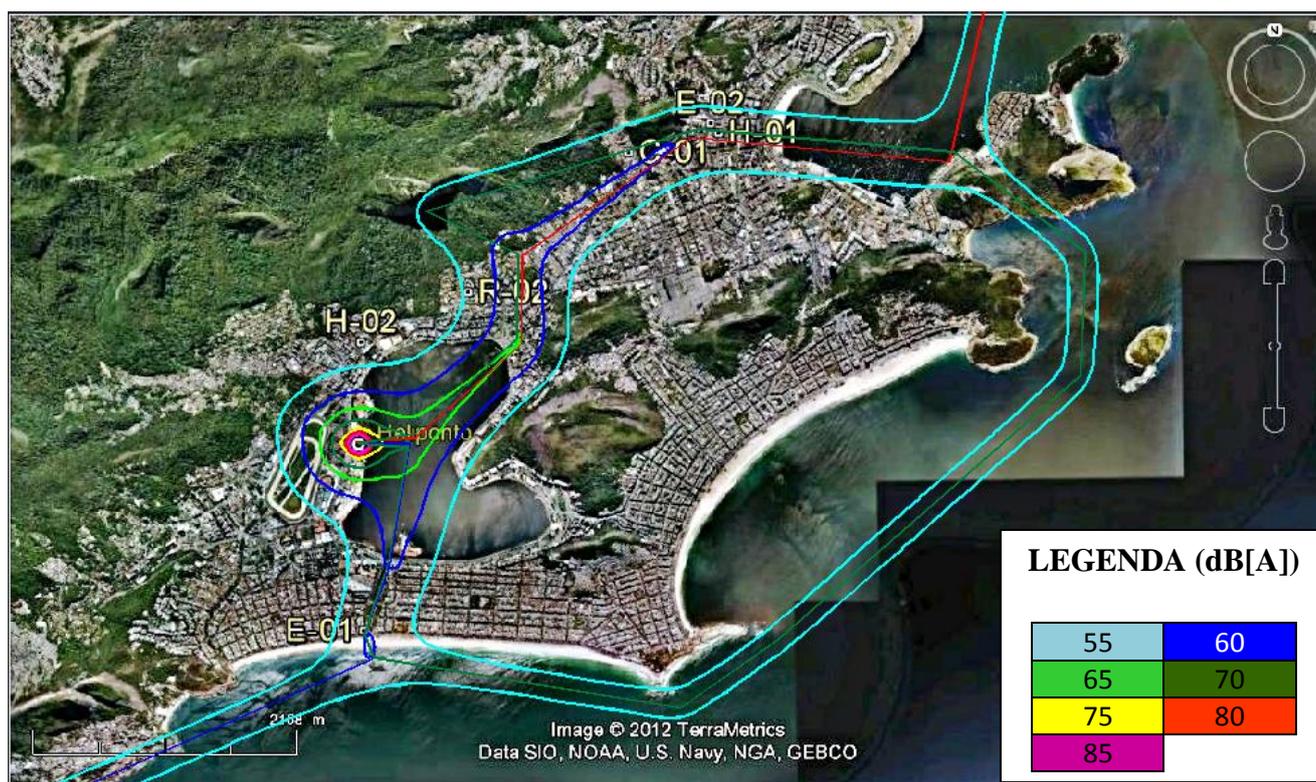


Figura 21: Curvas de ruído do Heliponto a 500 pés – 250 vôos (Fonte: [15]).

50 voos - 1000 pés (304,8m)



Figura 22: Curvas de ruído do Heliponto a 1000 pés –50 vôos (Fonte: [15]).

100 voos - 1000 pés (304,8m)

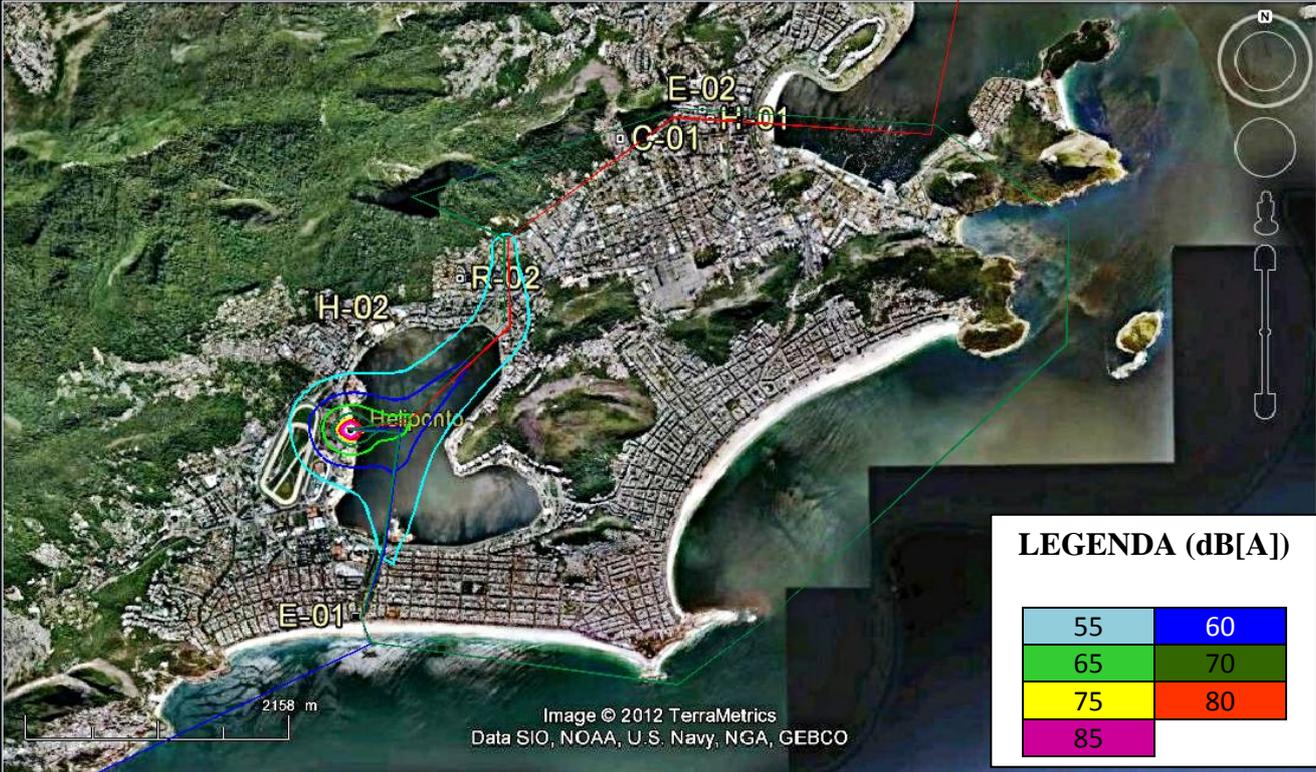


Figura 23: Curvas de ruído do Heliponto a 1000 pés –100 vôos (Fonte: [15]).

150 voos - 1000 pés (304,8m)

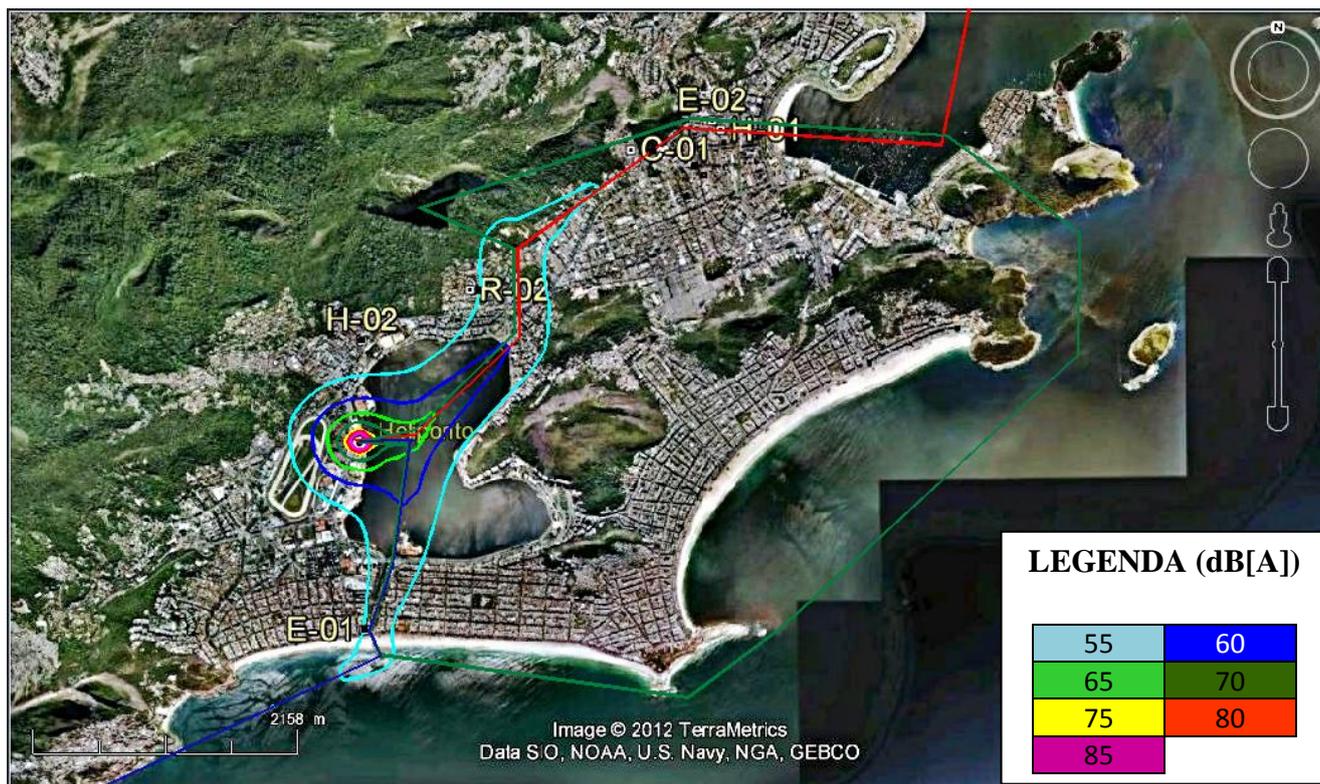


Figura 24: Curvas de ruído do Heliponto a 1000 pés –150 vôos (Fonte: [15]).

200 voos - 1000 pés (304,8m)

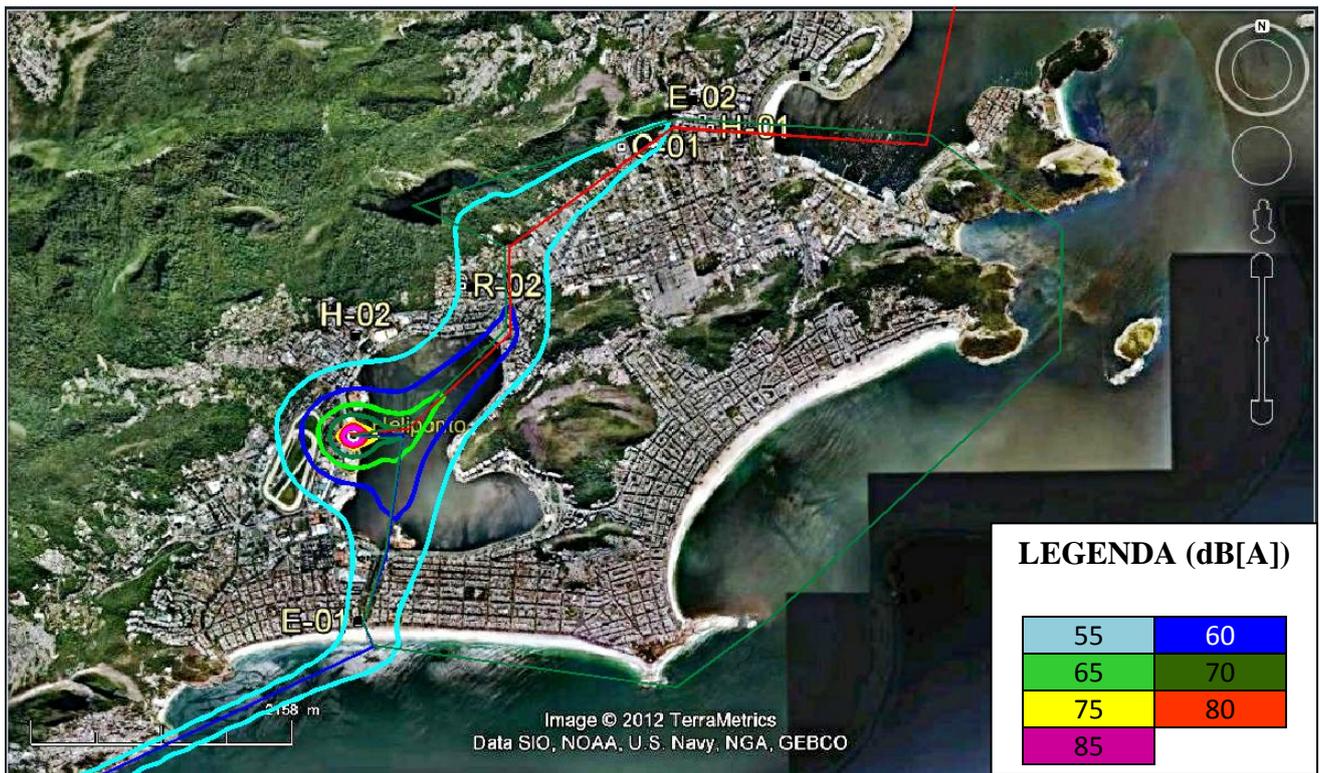


Figura 25: Curvas de ruído do Heliponto a 1000 pés –200 vôos (Fonte: [15]).

250 voos - 1000 pés (304,8m)

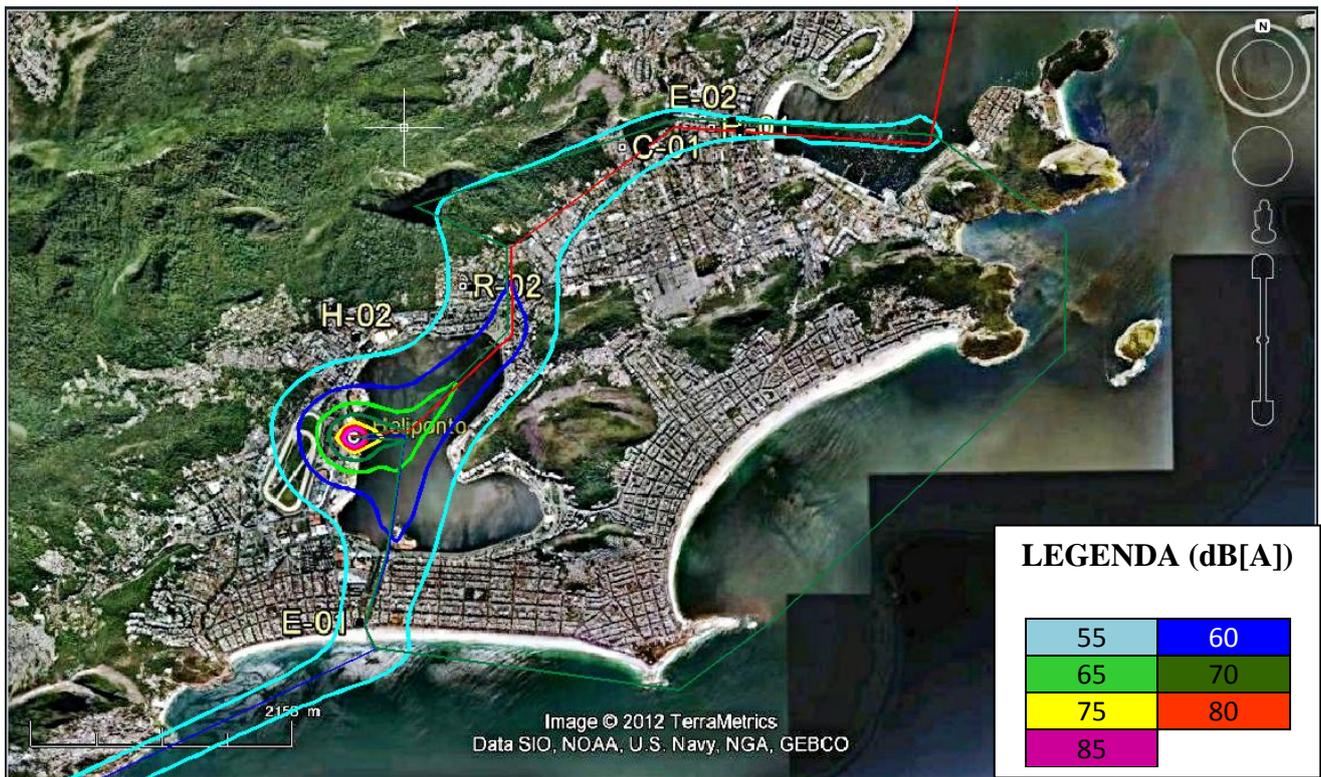


Figura 26: Curvas de ruído do Heliponto a 1000 pés –250 voos (Fonte: [15]).