



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PAULO ROBERTO SELENKO

AVALIAÇÃO PERCEPTIVA E OBJETIVA DO RUÍDO AEROVIÁRIO
NO ENTORNO DO AEROPORTO BACACHERI – CURITIBA/PR

CURITIBA

2022

PAULO ROBERTO SELENKO

AVALIAÇÃO PERCEPTIVA E OBJETIVA DO RUÍDO AEROVIÁRIO
NO ENTORNO DO AEROPORTO BACACHERI – CURITIBA/PR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial, da Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, em parceria com o SENAI - PR e a Universität Stuttgart, Alemanha, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Meio Ambiente Urbano e Industrial.

Orientador: Prof. Titular Dr.-Ing. Paulo Henrique Trombetta Zannin

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Selenko, Paulo Roberto

Avaliação perceptiva e objetiva do ruído aeroviário no entorno do aeroporto Bacacheri – Curitiba/PR / Paulo Roberto Selenko. – Curitiba, 2022.
1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial.

Orientador: Paulo Henrique Trombetta Zannin

1. Aerovias. 2. Aviões – Ruído. 3. Acústica. 4. Controle de ruído – Legislação. 5. Ruído urbano - Curitiba (PR). I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial. III. Zannin, Paulo Henrique Trombetta. IV. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MEIO AMBIENTE
URBANO E INDUSTRIAL - 40001016057P5

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação MEIO AMBIENTE URBANO E INDUSTRIAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **PAULO ROBERTO SELENKO** intitulada: **AVALIAÇÃO PERCEPTIVA E OBJETIVA DO RUÍDO AEROVIÁRIO NO ENTORNO DO AEROPORTO BACACHERI - CURITIBA/PR**, sob orientação do Prof. Dr. PAULO HENRIQUE TROMBETTA ZANNIN, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 01 de Dezembro de 2022.

Assinatura Eletrônica

01/12/2022 18:16:34.0

PAULO HENRIQUE TROMBETTA ZANNIN

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

01/12/2022 16:07:44.0

LUÍS RICARDO SHIGUEYUKI KANDA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

01/12/2022 16:53:11.0

ARION ZANDONÁ FILHO

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Centro Politécnico - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-3614 - E-mail: ppgmaui@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 239531

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prrpg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>
e insira o código 239531

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, que me faz caminhar na retidão e me torna cada dia mais justo e perfeito.

Agradeço a todos os meus antepassados, em especial meus pais, Teófilo Selenko (in memoriam) e Romélia Selenko, e irmãos Pedro Alberto Selenko e Ronaldo Selenko, os quais sempre acreditaram que o estudo era a única alternativa para uma vida melhor.

Agradeço à minha esposa, Gisele Bottega Hallberg, que me acompanhou nessa caminhada me apoiando nos momentos de dificuldade, e a minha filha, Catarina Hallberg Selenko, que chegou em 2021 e fez ressignificar toda a minha vida.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr.-Ing. Paulo H. T. Zannin, que desde o primeiro contato sempre foi solícito, apoiador e de notório saber na área de poluição sonora.

Agradeço ao Engenheiro Mecânico Giovannin Corsetti Silva, que me auxiliou com as entrevistas e seus conhecimentos estatísticos.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma direta ou indireta me fizeram chegar até aqui lapidando a minha pedra bruta.

EPÍGRAFE

“Por isso, por amor de Cristo, regozijo-me nas fraquezas, nos insultos, nas necessidades, nas perseguições, nas angústias. Pois, quando sou fraco, é que sou forte.”

2 Coríntios 12:10

RESUMO

Dentre as infraestruturas de transporte, o ruído aeroviário é uma das fontes sonoras que gera grande desconforto para as comunidades próximas ao aeroporto. Conforme *World Health Organization* (2003), a poluição sonora é o terceiro problema ambiental que mais influencia os seres humanos e o meio ambiente, ficando atrás somente da poluição do ar e da água. Nesse contexto, os aeroportos produzem consequências direta ou indireta, as quais afetam de maneira negativa a saúde e o bem-estar da população em seu entorno. Como forma de atenuação do ruído, as cidades preveem em seu plano diretor regulamentação a respeito do limite de pressão sonora por zoneamento urbano. Assim, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma avaliação perceptiva e objetiva na qualidade acústica do entorno do Aeroporto Bacacheri, em Curitiba/PR. O estudo realizou caracterização da área de estudo, levantando informações para elaboração de questionários, e na sequência foram realizadas entrevistas com a população do entorno do aeroporto. Com as análises e resultados das entrevistas, foi possível traçar um perfil quanto ao nível de desconforto provocado pelo ruído, dias e horários da semana com maior incidência de ruído segundo os moradores. Com os resultados dos horários de maior incômodo percebido pelos entrevistados, foi realizado o mapeamento dos pontos de medição, os quais foram definidos levando em consideração as áreas de rotas das aeronaves. Realizada a etapa de medição, pode-se concluir que os níveis de pressão sonora provenientes das aeronaves estão acima dos limites da legislação vigente, e os sintomas de irritabilidade, insônia e dores de cabeça relatados pelos entrevistados podem ter relação com o ruído aeroviário.

Palavras-chave: Ruído Aeroviário. Mapeamento Acústico. Gestão de Ruído. Ruído Ambiental.

ABSTRACT

Among the transport infrastructures, airborne noise is one of the sound sources that generates great discomfort for communities close to the airport. According to the World Health Organization (2003), noise pollution is the third environmental problem that most influences human beings and the environment, after air and water pollution. Within this context, airports produce direct or indirect consequences that negatively affect the health and well-being of the population that lives in their surroundings. As a form of noise attenuation, cities foresee in their master plan regulations regarding the sound pressure limit by urban zoning. Thus, the present work aims to carry out a perceptive and objective assessment of the acoustic quality of the surroundings of Bacacheri Airport, in Curitiba/PR. The study carried out characterization of the study area, gathering information for the elaboration of questionnaires and, in the sequence, interviews were carried out with the population around the airport. With the analysis and results of the interviews, it was possible to trace the level of discomfort caused by the noise, days and times of the week with the highest incidence of noise according to the residents. Armed with the results of the most uncomfortable times perceived by the interviewees, the mapping of the measurement points was carried out, which were defined taking into account the areas of aircraft routes. After the measurement step, it can be concluded that the sound pressure levels from the aircrafts are above the limits of current legislation and the symptoms of irritability, insomnia and headaches reported by the interviewees may be related to the air traffic noise.

Keywords: Airway Noise. Acoustic Mapping. Noise Management. Environmental Noise.

Lista De Figuras

Figura 1 - Comportamento Da Onda Sonora	19
Figura 2 - Variação Do Som.....	20
Figura 3 - Comprimento De Onda Sonora λ	21
Figura 4 - Relação Entre Pressão Sonora (Pa) E O Nível De Pressão Sonora (Db)	22
Figura 5 - Curvas De Nível De Audibilidade	23
Figura 6 - Curvas De Correções E Ponderações	24
Figura 7 - Representação Gráfica Do Nível Sonoro Equivalente Na Escala A (Laeq)	25
Figura 8 - Caracterização Quanto Ao Sexo Dos Entrevistados	39
Figura 9 - Número De Entrevistados Por Faixa Etária.....	39
Figura 10 - Caracterização Do Nível De Desconforto Provocado Pelo Ruído Ambiente.....	41
Figura 11 - Sensibilidade Ao Ruído Segundo Mckennell.....	42
Figura 12 - Caracterização Das Fontes De Ruídos Que Geram Desconforto Nos Entrevistados	44
Figura 13 - Caracterização Dos Sintomas Gerados Pelos De Ruídos Nos Entrevistados	45
Figura 14 - Caracterização Dos Sintomas Associados.....	46
Figura 15 – Caracterização Do Período Da Semana E O Incômodo Percebido Pelos Entrevistados.....	47
Figura 16 - Caracterização Quanto Ao Tipo De Fonte De Ruído No Horário De Maior Incômodo Percebido Pelos Entrevistados	48
Figura 17 - Caracterização Quanto À Desvalorização Dos Imóveis Em Virtude Do Ruído Ambiental Na Percepção Dos Entrevistados.....	49
Figura 18 - Caracterização Dos Sintomas Gerados Pelos Ruídos Nos Entrevistados Em 2021	51
Figura 19 - Comparativo Das Porcentagens Dos Entrevistados Dos Estudos De 2016 E 2021 Que Sofrem Algum Sintoma Em Decorrência Do Ruído Ambiental.....	52
Figura 20 - Curvas Isofônicas Do Aeroporto Bacacheri.....	57
Figura 21 - Localização Dos Pontos De Medição Ao Redor Do Aeroporto Bacacheri	58
Figura 22 - Medição Próximo À Cabeceira - Ponto De Medição 3.....	59
Figura 23 - Medição Próximo À Cabeceira - Ponto De Medição 1.....	60
Figura 24 - Medição Próximo À Cabeceira - Ponto De Medição 6.....	60
Figura 25 - Medição Próximo À Cabeceira - Ponto De Medição 4.....	61
Figura 26 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 1	62
Figura 27 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 2	63
Figura 28 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 3	64
Figura 29 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 4	65

Figura 30 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 5	66
Figura 31 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 6	67
Figura 32 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 7	68
Figura 33 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 8	69
Figura 34 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 9	70
Figura 35 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 10	71
Figura 36 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 11	72
Figura 37 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 12	73
Figura 38 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 13	74
Figura 39 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 14	75
Figura 40 - Medição Próximo À Cabeceira – Ponto De Medição 3.....	78
Figura 41 - Zoneamento Urbano Ao Redor Do Aeroporto Bacacheri Conforme Lei Municipal 9800/2000.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Limites De Ruído Conforme Zoneamento Urbano E Período Diário Na Cidade De Curitiba	34
Tabela 2 - Caracterização Quanto Ao Sexo Dos Entrevistados	39
Tabela 3 - Caracterização Quanto À Moradia E Trabalho Dos Entrevistados	40
Tabela 4 - Caracterização Quanto Ao Tempo De Moradia No Bairro Por Parte Dos Entrevistados	40
Tabela 5 - Caracterização Quanto Ao Horário Do Incômodo Percebido Pelos Entrevistados	47
Tabela 6 - Comparação Entre Os Horários Considerados Como Mais Barulhentos Pelos Moradores De Bacacheri Em 2016 E 2021	53

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

LAeq – Nível de pressão sonora equivalente

LAmáx – Nível de pressão sonora máximo

LAmín – Nível de pressão sonora mínimo

ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

INM – Integrated Noise Model

ZE – M – Zona especial militar

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3. CONCEITOS FUNDAMENTAIS	18
3.1 SOM.....	18
3.2 AMPLITUDE E INTENSIDADE	20
3.3 FREQUÊNCIA	20
3.4 PRESSÃO E NÍVEL DE PRESSÃO SONORA	21
3.5 NÍVEL DE AUDIBILIDADE.....	22
3.6 CORREÇÕES E PONDERAÇÕES.....	23
3.7 NÍVEL SONORO EQUIVALENTE NA ESCALA A (LAeq):.....	24
4. REVISÃO DA LITERATURA.....	26
4.1 A CIDADE E A POLUIÇÃO SONORA	26
4.2 O RUÍDO AEROVIÁRIO	27
4.3 AS AERONAVES.....	32
4.4 LEGISLAÇÃO QUANTO À POLUIÇÃO SONORA.....	32
4.5 NORMAS PARA MEDIÇÃO DE RUÍDO	34
5. OBJETO DO ESTUDO	36
5.1 AEROPORTO BACACHERI	36
6. QUESTIONÁRIO COM MORADORES DO ENTORNO DO AEROPORTO DO BACACHERI.....	37
6.1 PERFIL DOS ENTREVISTADOS	38
6.2 NÍVEL DE DESCONFORTO	40
6.3 IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE RUÍDO	42
6.4 SINTOMAS FÍSICOS E PSICOSSOCIAIS DOS EFEITOS DO RUÍDO.....	44

6.5 PERÍODOS DA SEMANA DE PERCEPÇÃO DO RUÍDO	46
6.6 HORÁRIO DE PERCEPÇÃO DO RUÍDO	47
6.7 PERCEPÇÃO DA DESVALORIZAÇÃO DOS IMÓVEIS	48
7. COMPARAÇÃO COM ESTUDO DE 2016.....	50
7.1 RESULTADOS E DISCUSSÃO COMPARATIVA ENTRE ESTUDO DE 2016 E 2021	51
7.2 COMPARAÇÃO DO ESTUDO DE 2016 COM 2021	54
8. ANÁLISE OBJETIVA	56
8.1 COLETA DE DADOS	56
8.2 EQUIPAMENTO UTILIZADO.....	56
8.3 MODELOS DE AERONAVES E TRÁFEGO AÉREO.....	56
8.4 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO	56
8.5 DEFINIÇÃO DOS HORÁRIOS DE MEDIÇÃO	58
8.6 MEDIÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA	59
9. RESULTADO DAS MEDIÇÕES DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA.....	62
10. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	77
11. MEDIDAS MITIGADORAS.....	80
12. CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS	84

1 INTRODUÇÃO

Diante da rotina das cidades, um dos agentes agressivos à saúde das pessoas é o ruído. Presente em todos os ambientes do dia a dia da população, como residência, trânsito, shopping e academia, o ruído proveniente das atividades diárias e do ambiente de trabalho pode ser potencializado em zonas aeroportuárias.

Uma vez que o ruído faz parte do cotidiano, com a expansão de áreas urbanas nas cidades a poluição sonora fica mais evidente. Conseqüentemente ao desenvolvimento das áreas urbanas e a chegada de infraestrutura para atender às demandas das pessoas, há o ruído, o qual acompanha todo o processo.

Dentre as infraestruturas de transporte, o ruído aeroviário é uma das fontes sonoras que gera maior desconforto para a comunidade anexa a aeroportos, além de ser um problema de suma importância para a indústria da aviação. Com o crescimento do PIB mundial, companhias aéreas continuam adicionando mais voos com o objetivo de atender à demanda mundial de logística e, dessa forma, espera-se que o tráfego aéreo aumente consideravelmente no longo prazo e inevitavelmente aumente também o desconforto das pessoas nas proximidades de aeroportos. Além de poder causar perda auditiva temporária ou permanente, o ruído pode gerar fatores que potencializam estresse, irritabilidade, insônia, desatenção, má qualidade de vida e baixa produtividade laboral. Ele é classificado como um problema ambiental e poluição tóxica ao homem (PAZ E ZANNIN, 2012).

O ruído captado pelo ouvido humano, além de poder gerar um desconforto físico nos ouvintes através da vibração da onda sonora, causa uma sensação psicológica na vida das pessoas, e percepção e os efeitos psicológicos podem variar de acordo com alguns fatores como idade, costumes, estilo de vida e estado emocional.

Como consequência imediata da exposição ao ruído aeroviário, pessoas que moram e/ou trabalham em comunidades anexas a aeroportos costumam apresentar sintomas como privação de sono, hipertensão, irritação e outras ocorrências (CORSETTI SILVA; E SOUZA; ZANNIN, 2021).

Segundo Alves (2003), citado por DE OLIVEIRA NUNES; SATTLER (1999), desde sua etapa inicial de construção, os aeroportos são equipamentos urbanos modificadores do meio ambiente, e os principais impactos são decorrentes

diretamente da operação das aeronaves, como o ruído aeronáutico e a emissão de gases dos motores.

Conforme World Health Organization (2003), a poluição sonora é o terceiro problema ambiental que mais influencia os seres humanos e o meio ambiente. Na Europa, uma em cada cinco pessoas é regularmente exposta a ruídos capazes de causar danos ao organismo.

Mesmo que um ruído não signifique um perigo iminente, o nosso sistema corporal reage como se existisse um perigo real. Tal acontecimento desencadeia processos fisiológicos geradores de uma resposta natural do corpo, remetendo aos instintos primitivos de fuga ou luta, acelerando os batimentos cardíacos, aumentando a pressão arterial e outras consequências da alteração no sistema fisiológico. Esse processo repetitivo de picos de estresse gera fadiga, tornando o corpo propício a consequências mais sérias na saúde, na relação intrapessoal e desempenho laboral. Embora as frequências sonoras mais altas nos chamem mais a atenção, a curta variação de tempo entre um ruído e outro pode gerar mais perturbação que o ruído contínuo.

Atualmente, o ruído gerado por meio de transportes como automóveis, motocicletas e ônibus urbanos e aeronaves é o que mais atinge as pessoas em seus ambientes. No âmbito do ruído aeroviário, o avanço tecnológico fez com que aeronaves se tornassem muito mais silenciosas nos últimos anos, embora o aumento de tráfego aéreo venha na contramão da redução de ruído.

Em zonas aeroportuárias, existem alternativas de mitigação da poluição sonora aeroviária como isolamento acústico das construções, limitações de horários de voos, tipos de aeronaves, taxiamento de aeronaves, forma de decolagem, contudo, na maioria dos casos, tais cuidados não são respeitados.

Fato relevante no desenvolvimento do presente trabalho foi a influência da pandemia de COVID-19. Com a pandemia, houve alterações significativas nas relações de trabalho e nos seus ambientes. O trabalho *home office* se tornou comum, e muitos trabalhadores passaram a laborar em suas casas e com ruídos que somente eram percebidos em períodos fora do horário de trabalho. Dessa forma, os ambientes de trabalho que antes eram ambientes preparados para o labor agora tiveram que ser adaptados em um ambiente residencial. Importante considerar que a pandemia de COVID-19 fez com que o número de aviões partindo ou chegando em aeroportos de

todo o mundo fosse drasticamente reduzido, gerando consequência direta na poluição sonora gerada por diversos aeroportos.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar os ruídos produzidos pelo Aeroporto do Bacacheri no seu entorno localizado na área urbana de Curitiba. Para o desenvolvimento do estudo, foram realizadas entrevistas com moradores no bairro Bacacheri, medições de níveis de pressão sonora em pontos no entorno do aeroporto e análises do mapeamento acústico dos pontos medidos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

I) Realizar entrevistas através de questionários com moradores/trabalhadores do entorno do aeroporto, especificamente no bairro Bacacheri;

II) Identificar através dos resultados dos questionários os horários de maior incidência do ruído aeroviário no entorno do aeroporto;

III) Quantificar o tráfego aéreo e identificar as aeronaves que operam no aeroporto;

IV) Medir os Níveis de Pressão Sonora:

- Nível de Pressão Sonora Máxima (LA_{max});

VI) Avaliar a condição acústica da área com os critérios da Norma;

VII) Propor medidas de mitigação;

3. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

3.1 SOM

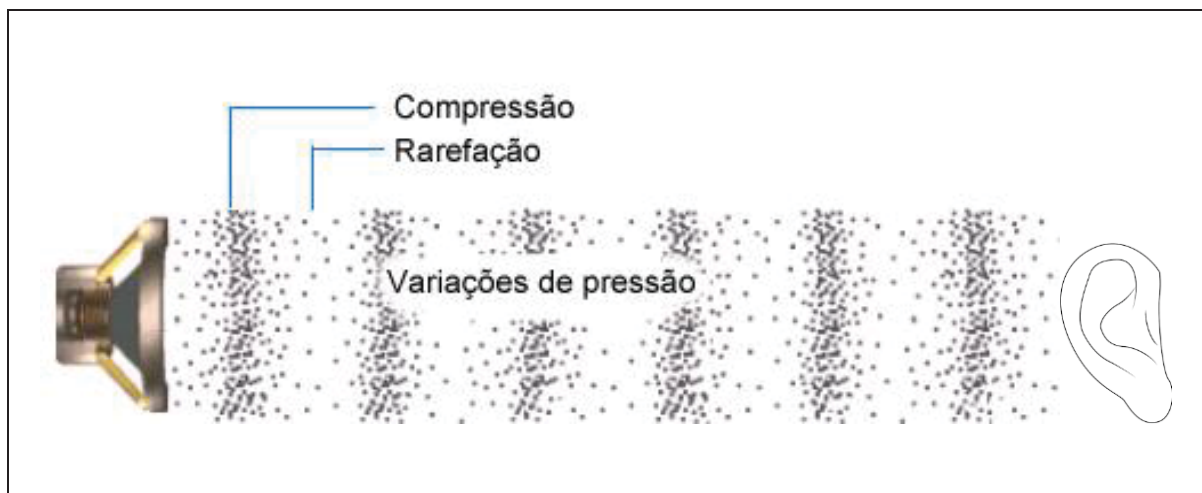
É definido como som qualquer vibração de ondas longitudinais com variação de pressão através do ar através de um meio elástico. O gerador do ruído excita as moléculas, passando de um estado vibracional em todas as direções do ar, num movimento de compressão e rarefação (HANSEN, 1963).

Conforme Amorim (2007), um fenômeno gerador de ondas de pressão no ar pode ser considerado uma fonte sonora. Quando acontece uma situação geradora de vibração, as partículas do ar são submetidas a repetidas compressões e rarefações (Figura 1), dessa forma, gerando vibrações nas demais partículas, causando a propagação sonora.

O som (ou ruído) é o resultado de variações de pressão (Figura 1), ou oscilações, em um meio elástico (por exemplo, ar, água, sólidos), gerado por uma superfície vibrante ou fluxo de fluido turbulento (HANSEN, 1963).

Para se propagar, o som precisa se encontrar em um meio sólido, líquido ou gasoso. A fonte de som emite ondas que exercem compressões e expansões das moléculas no meio.

Por se tratar de uma onda mecânica, ele necessita de um meio de propagação e, sendo assim, a onda sonora não se propaga no vácuo em virtude da inexistência de moléculas no meio. O som também é uma onda longitudinal, pois a sua propagação é paralela à vibração do som. Outra característica é a tridimensionalidade, ou seja, a onda se propaga para todas as direções dimensões possíveis. Essa particularidade é que explica que mesmo uma pessoa estando de costas para a fonte sonora ou com obstáculos entre o ouvinte e a fonte sonora é possível ouvir o som. No ouvido humano a onda sonora é convertida em estímulos nervosos, que transmitirá ao cérebro uma sensação auditiva.

Figura 1 - Comportamento da Onda Sonora

Fonte: Adaptada de physics.tutorvista.com (2005).

Ao se propagar no meio, a onda vibrante vibra as moléculas, aumentando sua velocidade de oscilação. Assim, há o aumento da quantidade de movimento das moléculas, causando colisões entre elas, as quais conseqüentemente transferem a energia vibracional para a molécula nas adjacências (NETO, 2010).

Segundo Zannin (2005), a pressão que atinge o tímpano de humanos e de animais é causada pelo movimento de oscilação das moléculas do meio, em geral, o ar.

Outra característica possível de observar no som é o quanto a percepção do ruído e a sua perturbação é particular para cada ser vivo, e tal fato fica demonstrado quando se observa que a mesma fonte sonora causa sensações diferentes em indivíduos distintos.

Alguns fatores como espectro de frequência, tipo de ruído, tempo de duração, condições meteorológicas, distância da fonte de ruído e receptor e aspectos psicológicos do receptor interferem na percepção do ruído pelo ser humano (ZANNIN, 2005).

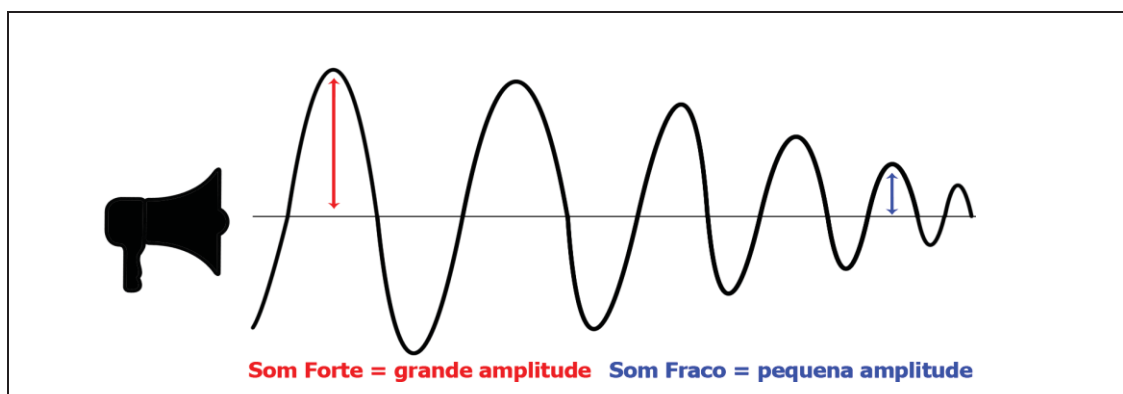
Quando se olha para os grandes centros urbanos, o ruído é potencializado devido a várias fontes sonoras. A medição dos ruídos por meio de critérios técnicos é uma das ferramentas para realizar o monitoramento, controle e desenvolvimento de recursos para mitigar o ruído.

3.2 AMPLITUDE E INTENSIDADE

As ondas sonoras são caracterizadas por indicadores como amplitudes e intensidades. A variação de amplitude das ondas sonoras é que define se o som é considerado som forte ou som fraco, o que popularmente é chamado de volume do som. A amplitude de uma onda sonora é a medida da extensão de uma perturbação durante um ciclo da onda. Quanto maior a energia transportada, maior é o deslocamento e a amplitude da onda. A representação gráfica, Figura 2, pode ser representada pelo eixo x sendo a distância percorrida e no eixo y , a amplitude da onda.

Usualmente empregamos o termo “volume do som” para definir se um som é fraco ou forte. Essa definição é atribuída à capacidade que a audição humana tem de captar a amplitude do som de acordo com a intensidade sonora na dimensão de Watt por metro quadrado (W/m^2). Ela é a quantidade de energia que uma onda sonora é capaz de transferir a cada segundo em uma área de $1 m^2$. A intensidade do som é diretamente proporcional à energia transportada, enquanto a amplitude do som é inversamente proporcional à distância da fonte sonora.

Figura 2 – Variação do som



Fonte: Adaptada de TAUFNER (2018).

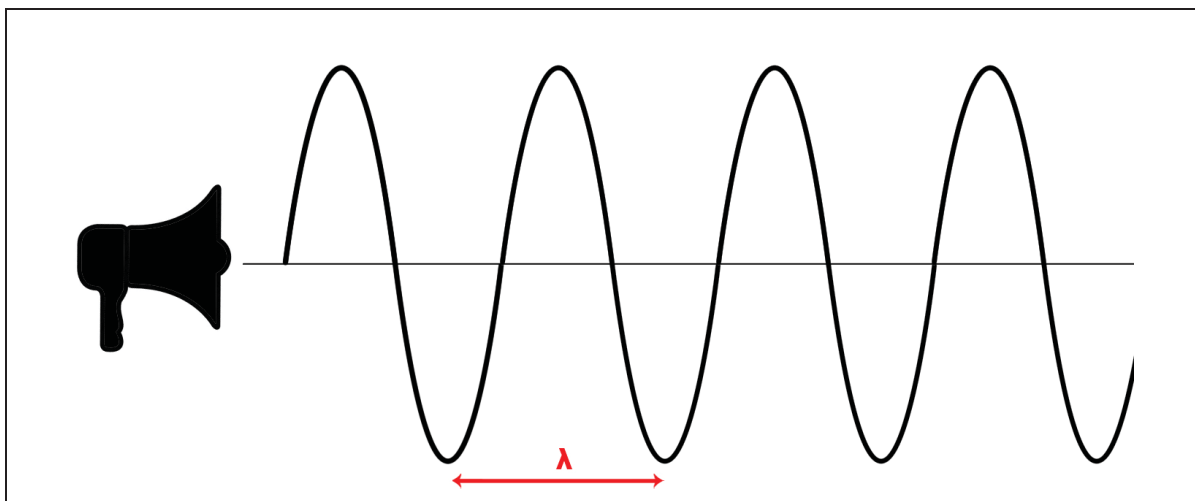
3.3 FREQUÊNCIA

Outro fator que influencia na percepção das ondas sonoras é a frequência f , a qual é determinada pela razão entre a velocidade c de propagação do som e o comprimento λ de onda sonora (Figura 3). A unidade de frequência é Hertz.

A equação é descrita como:

$$F = c / \lambda \quad (1)$$

Figura 3 - Comprimento De Onda Sonora λ



Fonte: Adaptada de TAUFNER (2018).

A audição humana tem capacidade de perceber apenas intervalos de frequência das ondas sonoras de 16 Hz e 20 kHz. Valores compreendidos nessa faixa são chamados de Som Audível, inferiores a 16 Hz são chamados de Infrassom, e superiores a 20 kHz são chamados de Ultrassom.

3.4 PRESSÃO E NÍVEL DE PRESSÃO SONORA

O Nível de Pressão Sonora (NPS) ou Nível Equivalente (L_{eq}) é usado para determinar a pressão energética do som por um determinado período de tempo T . Faz-se necessário mais de uma leitura de NPS para a determinação do L_{eq} .

O Nível de Pressão Sonora (NPS) é uma grandeza relativa, tendo como referência o valor de $P_0 = 20 \text{ uPa}$ ($2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$), expresso em decibel (dB). Tal valor é referência por ser considerado o menor valor de audibilidade humana, sendo assim o valor de piso da audibilidade. No outro extremo, temos como valor de teto pressões sonoras acima de 200 Pa.

A expressão do Nível de Pressão Sonora (NPS) é descrita pela equação:

$$NPS = 10 \cdot \log (p^2 / p_0^2) \quad (2)$$

Sendo:

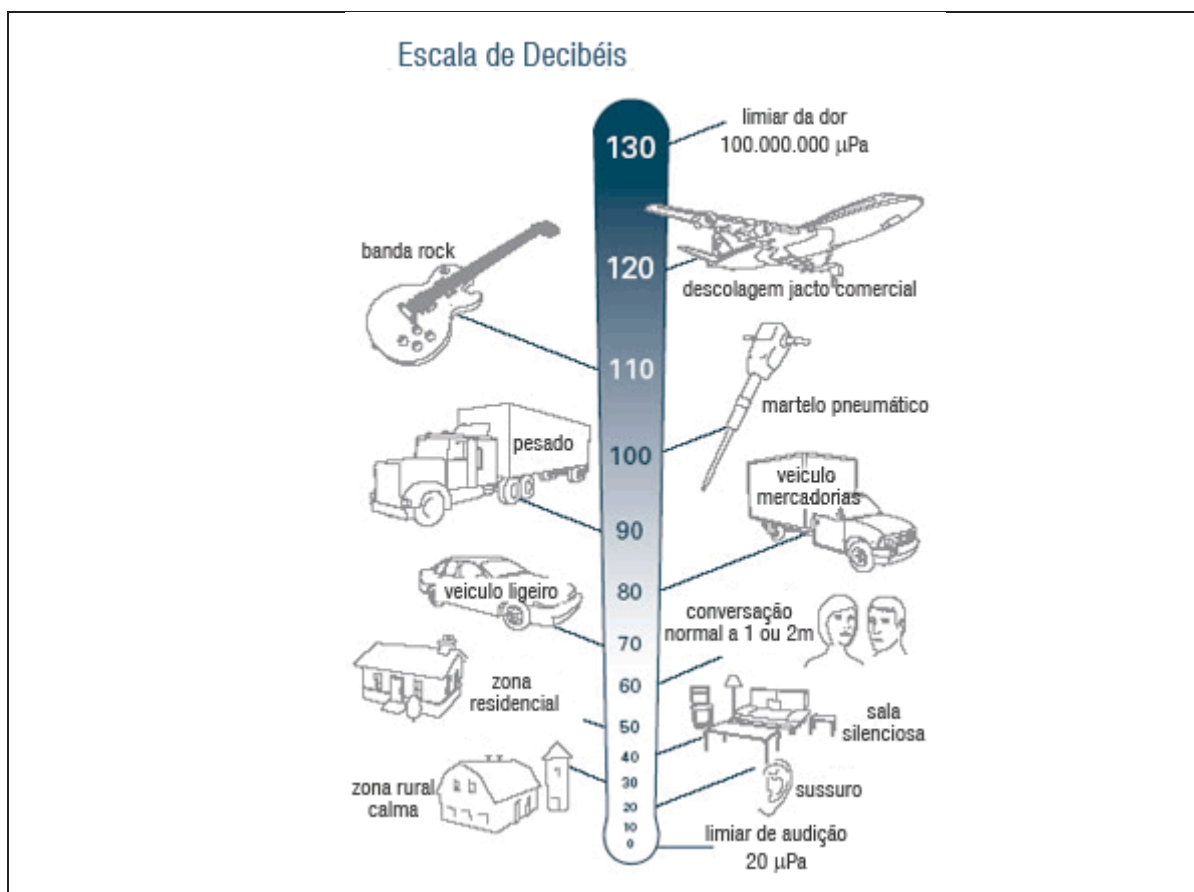
NPS: nível de pressão sonora, em decibéis (dB);

p : pressão sonora no ponto medido, em Pascal (Pa) ou N/m^2 ;

p_0 : pressão sonora de referência, em Pa ou N/m^2 .

A figura seguinte demonstra a relação entre pressão sonora (PA) e o nível de pressão sonora (dB).

Figura 4 - Relação Entre Pressão Sonora (Pa) E O Nível De Pressão Sonora (dB)



Fonte: Adaptada de MIGUEL (2012).

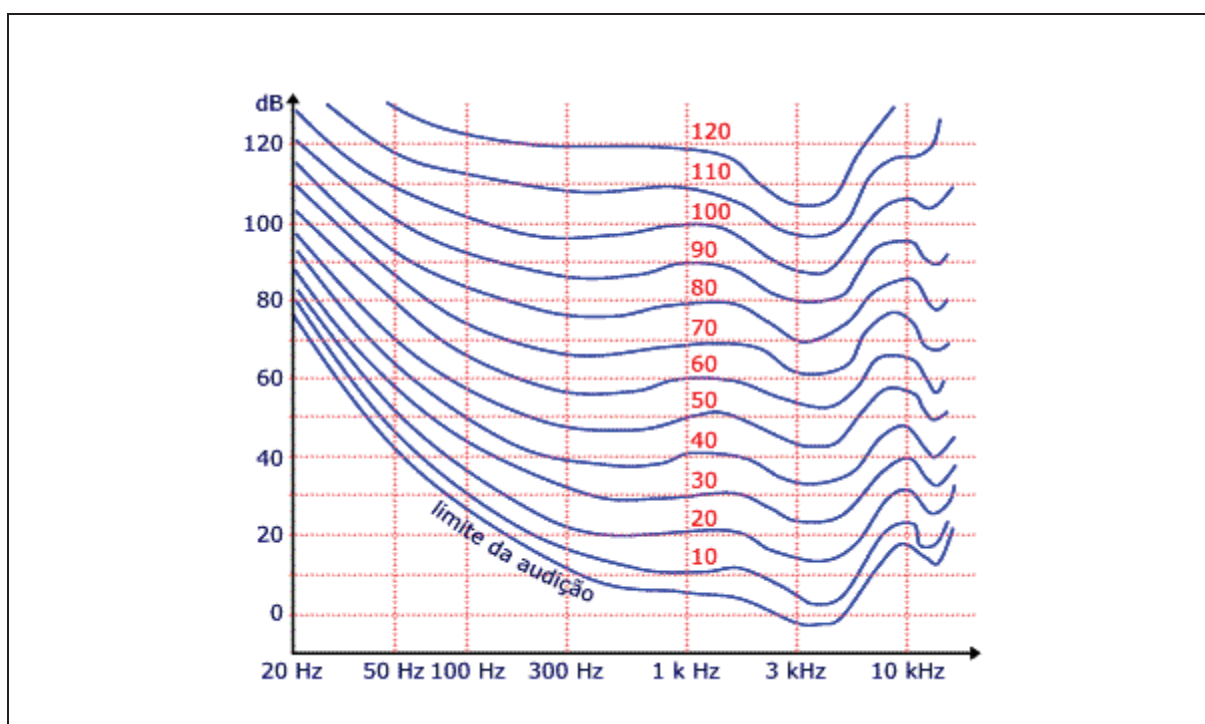
3.5 NÍVEL DE AUDIBILIDADE

O ouvido humano tem a percepção da intensidade sonora de acordo com a frequência da onda. Dessa forma, dependendo de qual seja a frequência, pode haver uma percepção diferente do som mesmo tendo a mesma pressão acústica.

O ouvido humano se comporta de forma heterogênea conforme a frequência sonora, tendo uma inclinação a ter mais sensibilidade a frequências mais baixas e ser menos sensível às altas frequências (MURPHY, KING; 2014).

As chamadas curvas de audibilidades descritas na Figura 5 representam graficamente os níveis de intensidade sonora. O nível de audibilidade varia em virtude da pressão sonora e da frequência. É notável que quanto maior for a pressão sonora, maior a uniformidade da curva de sensibilidade auditiva. Para pressões mais próximas ao piso da capacidade auditiva do ouvido humano, maior a variação de sensibilidade auditiva.

Figura 4 - Curvas De Nível De Audibilidade



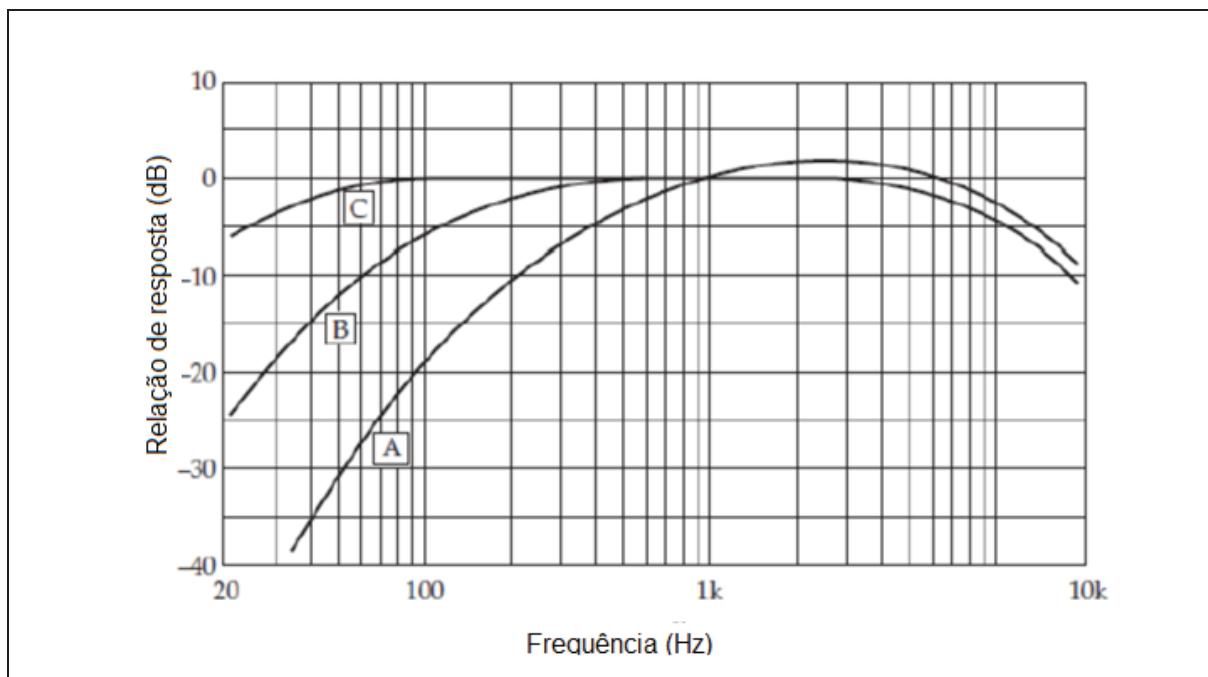
Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

3.6 CORREÇÕES E PONDERAÇÕES

Visto que existe a variação de audibilidade em função da frequência, é necessário realizar correções e ponderações nas medições sonoras à percepção auditiva do receptor.

As correções das pressões sonoras são feitas através de curvas de compensações (Figura 6). A curva de ponderação A cobre o leque de frequências audível entre 20 Hz e 20 kHz, a qual mais se aproxima da sensibilidade do ouvido humano. Por essa razão, a Curva A é indicada para efeitos de avaliação do impacto sonoro em seres humanos.

FIGURA 5 - Curvas De Correções E Ponderações



Fonte: Adaptada de EVEREST & POHLMANN (2009).

3.7 NÍVEL SONORO EQUIVALENTE NA ESCALA A (LAeq):

O nível de pressão sonora equivalente na escala A (LAeq) representa a energia sonora média contínua em determinado intervalo de tempo. O LAeq é a representação do potencial dano ao ouvido do nível variável que depende do nível e sua duração (GERGES, 2000).

O cálculo que define o (LAeq) é dado pela equação 2:

$$LAeq = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{1}{T} \cdot \int_t^{t+T} \left(\frac{p(t^2)}{p_o^2} \right) \cdot dt \right) \quad (2)$$

Sendo:

LAeq: nível de pressão sonora equivalente ponderada em A, em dB(A);

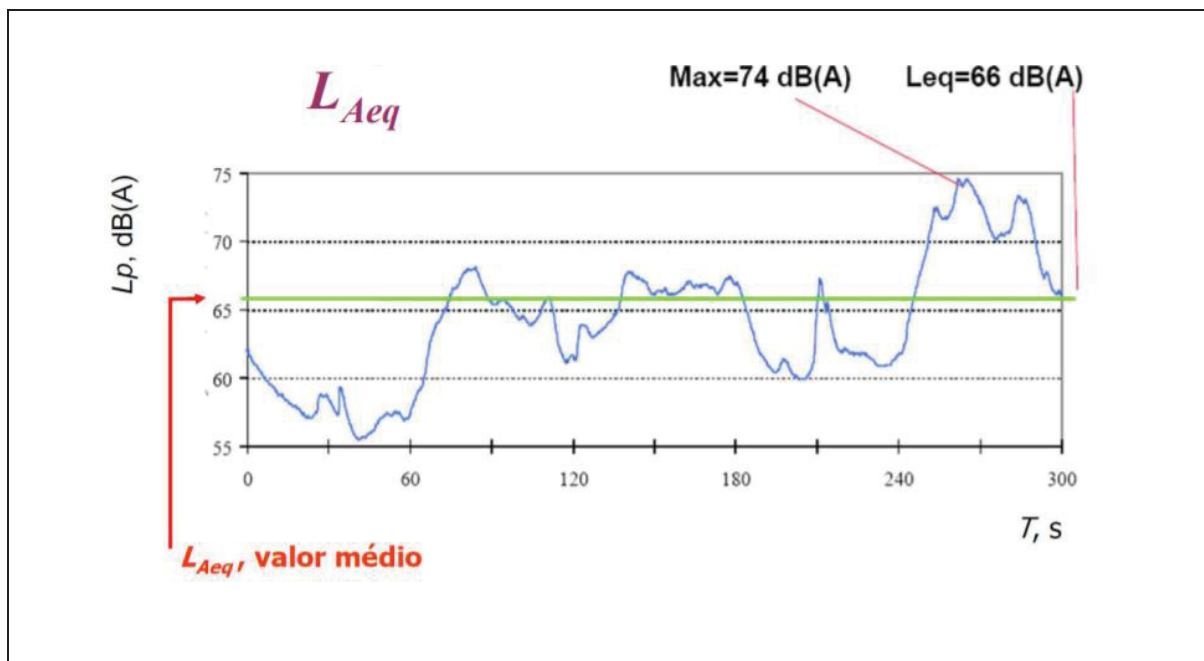
T: período de duração da medição, em s;

p(t): pressão sonora instantânea medida no tempo t, em dB(A);

p_o: pressão sonora de referência, igual a 2x10⁻⁵ Pa ou 20 μPa.

A figura seguinte demonstra de forma gráfica o nível sonoro equivalente na escala A (LAEQ).

Figura 6 - Representação Gráfica Do Nível Sonoro Equivalente Na Escala A (LAEQ)



Fonte: Adaptada de edisciplinas.usp.br (2018).

Apesar de ser vastamente usado para a medição de ruído, o cálculo do LAeq não registra o número dos processos oscilatórios dos picos das medições e, dessa forma, o resultado medido tem o comportamento de um ruído contínuo. O ruído aeroviário tem como característica a oscilação dos níveis de pressão sonora, e tal comportamento é um componente propício para consequências mais sérias na saúde psicológica.

O ruído do aeroporto tem natureza mais intermitente do que a do tráfego rodoviário. Isso faz com que crianças se distraiam durante a passagem da aeronave. Muitos estudos mostram que o ruído do avião está prejudicando o nível cognitivo dos alunos em desenvolvimento, afetando o processo de aprendizagem da fala, leitura, compreensão, atenção, entre outros (TAUFNER et al., 2020).

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1A CIDADE E A POLUIÇÃO SONORA

De modo geral, o processo de formação de expansão das cidades pode acontecer por diversos fatores como condição social das pessoas, atrativos econômicos, oportunidades, infraestrutura, entre outros. Nem sempre o crescimento é acompanhado de um planejamento ordenado, resultando em trabalho informal, desemprego, crises econômicas e passivos ambientais.

A poluição sonora não se limita apenas a ambientes industriais, afetando grandes, médias e pequenas cidades ao redor do mundo (ZANNIN, BUNN, 2014).

Muitas vezes, o crescimento desenfreado que os centros urbanos provocam não vem acompanhado de infraestrutura necessária para a vivência das pessoas, restando muitas vezes ao poder público arcar com os ônus.

Alguns empreendimentos como lojas comerciais, shoppings, supermercados, rodovias, aeroportos podem ser considerados como alavancadores do crescimento e expansão das cidades, uma vez que no momento de sua instalação e empreendimento acontece o crescimento das adjacências.

Com o agrupamento de pessoas, toda a infraestrutura necessária para qualidade de vida e maior conforto também traz alguns inconvenientes como a poluição sonora.

Os planos diretores municipais são mecanismos que regulam e direcionam os rumos das cidades, contudo muitas vezes o foco é o desenvolvimento econômico da região, e nem sempre atendem aos interesses ambientais ou de saúde pública, deixando os passivos ambientais para serem remediados.

Segundo Ribeiro (2003), é desagradável viver com trânsito intenso, odores ruins, ruído excessivo e ar atmosférico nocivo ao homem.

Países emergentes como Brasil, Índia e China apresentam de forma crescente sérios problemas sociais e ambientais de poluição sonora (ZANNIN; SANT'ANA, 2011).

4.20 RUÍDO AEROVIÁRIO

Devido a grandes atrativos como emprego, facilidades de recursos e vantagens logísticas, as áreas no entorno de aeroportos são chamariz para o desenvolvimento e crescimento urbano, muito embora os níveis de ruídos sejam de intensidade elevada e intermitente.

Embora a atividade aeroportuária contribua para a economia e o crescimento de uma sociedade como um todo, comunidades locais ao redor de aeroportos os percebem como um algo incomodativo.

É notório que áreas no entorno de aeroportos têm exposição a ruídos, devido à dificuldade na alteração da condição, as pessoas afetadas acabam tolerando e se adaptando à situação ou se mudando do local. O próprio conformismo da população em relação ao ruído aeroviário acaba gerando certa carência de monitoramentos e dos níveis de pressão sonora nas atividades aeroviárias.

Com o aumento populacional, da densidade demográfica das cidades e da verticalização das cidades, aumenta cada vez mais o número de pessoas que ficam expostas ao ruído aeroviário (ASENSIO; GASCO; DE ARCA, 2017).

Uma das características do ruído aeroviário é sua intermitência, ou seja, a pressão sonora intercala períodos de silêncio com períodos de ruído de grande intensidade.

Em ambientes de trabalho ou que exijam concentração, o ruído intermitente causa mais perturbação do que ruídos contínuos. Em certas situações, em cada interrupção pelo ruído, a linha de raciocínio pode ser interrompida, a comunicação pode ser prejudicada, ou ainda pode haver a necessidade de alteração de voz entre as pessoas.

O ruído aeroviário pode ser classificado como intermitente, com eventos cíclicos com altos valores de pressão sonora seguido de períodos de silêncio com apenas ruído de fundo (NETO, 2010).

Segundo estudos de Nunes e Sattler (2004), existem fortes indícios de que professores e alunos de escolas próximas a aeroportos podem desenvolver problemas vocais e auditivos, por causa da elevação do volume de voz para poder se comunicar em virtude do ruído aeroviário. Ainda segundo os autores, as interrupções na comunicação entre professor e aluno causam prejuízo no desempenho escolar.

Estudos realizados nos anos de 1997 e 2000 por Jiggins e Berry (2001) confirmaram que, nas escolas com exposição ao ruído aeronáutico nos arredores do Aeroporto de Heathrow, os testes cognitivos com as crianças apontaram deficiências de leitura, com manifestação representativa de elevado nível de incômodo.

Próximo do aeroporto de Heathrow, com crianças entre 8 e 11 expostas a ruídos aeroviário crônico, há níveis elevados de incômodo e maiores relatos de interferência dos ruídos das aeronaves nas atividades de aula (BOMAN, ENMARKER; 2004).

Conforme os autores Maxwell e Evans (2000), testes cognitivos realizados com as crianças em idade pré-escolar expostas a ruídos crônicos apresentaram consequências negativas no desenvolvimento.

A exposição ao ruído crônico de aeronaves está associada ao comprometimento da compreensão de leitura de estudantes (STANSFELD, *et al.*, 2005).

Outro fato que pode estar relacionado a maior perturbação do ruído intermitente em relação ao ruído contínuo é o fato de existir uma tendência de que quanto maior o período de exposição ao ruído, mais as pessoas acabam por tolerar o agente.

Segundo Phun, Terada, Hirata (2015), as pessoas que moram no entorno dos aeroportos tendem a se acostumar com o ruído e ter maior dificuldade para identificar o seu aumento e diminuição. Por essa razão, essas pessoas passam a tolerá-lo e não buscar soluções atenuadoras.

De modo geral, ele está presente em todos os ambientes, interferindo na vida cotidiana de todos, podendo levar à ocorrência de vários efeitos adversos na saúde e na audição. A poluição sonora também pode ser definida como som indesejado que provoca sensações psíquicas ou físicas, as quais podem despertar vários efeitos desfavoráveis à saúde e à audição. Quando se trata de ruído aeroviário, existem algumas particularidades como tipo do ruído contínuo, intermitente; dias e horários de maior incidência e percepção dos receptores, os quais contribuem para a percepção do indivíduo. A exposição à poluição sonora de forma prolongada, os efeitos nocivos ao sistema auditivo podem levar a alterações comportamentais e orgânicas (NASCIMENTO, 2019).

Visto que alguns ruídos podem gerar sensações distintas nas pessoas, e consequentemente comportamentos únicos, a classificação pode ser bastante

subjetiva do mesmo ruído. O conceito de ruído tem um elemento subjetivo, o estímulo sonoro é processado pelo ouvido humano e no cérebro e na sequência é submetido a uma interpretação psicológica, que tem variação para cada indivíduo (SANTOS, 1999).

No aspecto educacional, segundo Gifford (1998), a relação entre ruído e aprendizado depende de fatores objetivos e subjetivos tais como as propriedades do ruído em relação à continuidade e grau de intensidade; a característica do aluno: sexo, motivação, personalidade, inteligência, autocontrole; a natureza da tarefa: leitura, recreação, avaliação, e a situação em relação à hora do dia. Ainda de acordo com esse autor, as crianças expostas a ruídos tendem a apresentar um rendimento escolar inferior ao normal e diminuição do autocontrole, frutos dos processos de interferência na comunicação entre o professor e aluno.

Segundo Relatório sobre Método Padrão de Computação contido no livro “Contornos de Ruído entorno de Aeroportos Civis” de 2005, alguns indicadores comportamentais, incluindo aborrecimento, são essencialmente subjetivos e embora quantificável, pode ser muito sensível a fatores sociopsicológicos não acústicos como localização, atividade, estado de bem-estar, familiaridade com o ruído, ambiente, expectativas e atitudes para com os criadores de ruído.

O ruído ambiental, então, está diretamente ligado à perturbação de certas atividades, como ler, assistir à televisão, comunicar-se, concentrar-se, interrupção de atividades, bem como irritabilidade, estresse e efeitos adversos na saúde (WHO, 1999; WHO, 2010).

De acordo com Santos (1999, p. 157 *apud* Nunes e Sattler, 2004), quando exposta a excesso de ruído, a visão humana pode ser afetada no processo de dilatação da pupila e a reação de piscar os olhos. O autor ainda cita que alterações neuropsíquicas, como ansiedade, insegurança e desconfiança, podem ter relação com o excesso de exposição ao ruído.

Estudo realizado com residentes nos arredores da base militar de Okinawa no Japão constatou que existem relações entre o ruído aeronáutico e a elevação na pressão sanguínea, tendo como consequência a alta tendência de desenvolvimento de hipertensão (MATSUI et al., 2004).

Conforme estudos Muzet (2001), nos arredores de grandes aeroportos é relatado um aumento na prescrição de remédios além de aumentos na admissão de pacientes em hospitais psiquiátricos.

O ruído altera a saúde física e mental do ser humano, atingindo o sistema nervoso central, digestivo, cardiovascular e imunossupressor (BRAUBACH, JACOBS e ORMANDY, 2011; SOBOTOVÁ *et al.*, 2001), e aproximadamente 40% da população europeia está exposta de forma diária a níveis de ruído acima de 55 dB(A) e aproximadamente 20% a níveis acima de 65 dB(A). Existem evidências epidemiológicas que relacionam a exposição ao ruído a doenças cardiovasculares, perda auditiva, distúrbios cognitivos, distúrbios do sono, zumbido e alterações respiratórias (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, 1999, 2011).

Segundo Hartono (2006, *apud* Andarani 2018), cerca de 65% dos habitantes da Ásia sofriam de perturbação de sono, deficiência auditiva e incômodo, e, de acordo com Zannin *et al.* (2005), o ruído é um poluente invisível que de forma contínua e lentamente vai agredindo os indivíduos, causando-lhes danos tanto auditivos como em todo o organismo.

Estudos do *Imperial College* de Londres (JARUP, 2008) com quase 5.000 pessoas apontam que pessoas residentes em áreas próximas de aeroportos apresentam grande probabilidade de desenvolver hipertensão crônica. Durante quatro anos, foi monitorada remotamente a pressão arterial dos moradores próximos ao aeroporto londrino de Heathrow e de três outros grandes aeroportos europeus. O resultado demonstrou que o aumento de 10 (dB) no ruído noturno eleva em 14% o risco de hipertensão em homens e mulheres. A equipe de JARUP constatou ainda que viver por um período mínimo de cinco anos próximo a um aeroporto movimentado tem maior risco de desenvolver hipertensão crônica.

Estudos realizados em sete países europeus por Baudin *et al.* (2017) com 1.244 participantes — 549 homens e 695 mulheres — concluíram haver relação consistente, e sugerem que os níveis de ruído da aeronave e incômodo causado estão associados com o risco de hipertensão.

Áreas residenciais expostas a ruído de aeronaves com níveis de ruído equivalentes de 60 dB (A) durante o dia e 45 dB (A) à noite estão associados a um aumento da incidência de hipertensão na população local. A exposição a níveis de ruído de 50 dB (A) está associada à relevante dificuldade de aprendizagem em crianças em idade escolar. Cerca de 200.000 residentes no entorno do aeroporto de Frankfurt e pessoas que vivem a mais de 20 km de distância do aeroporto ao longo do corredor de voo estão expostos a um nível de ruído contínuo acima de 55 dB (A) durante o dia (KALTENBACH; MASCHKE; KLINKE 2008).

Cerca de 1,5 milhão de pessoas, dentre as 3,5 milhões que vivem nas proximidades do Aeroporto Internacional de Congonhas em São Paulo, Brasil, ficam expostas a níveis de ruído de aeronaves superior a 50 dB (A), acima de 45 dB (A) recomendados pela Organização Mundial de Saúde – OMS). O estudo desenvolvido apresenta uma tendência estatisticamente significativa para o risco de morte devido a doenças cardiovasculares (DCV) e doença cardíaca coronária (DCC) (ROCA-BARCELÓ, *et al.*, 2021).

Estudos epidemiológicos citam que indivíduos expostos a altos níveis de ruído de forma crônica são mais suscetíveis ao risco de doenças cardiovasculares (BABISCH, 2011).

Quando se trata de ruído aeroviário pode-se caracterizar que aquele proveniente das aeronaves é um ruído ambiental direto. Um aeroporto, desde a sua concepção, desencadeia uma série de acontecimentos, impulsiona o desenvolvimento da região, atrai diversas empresas, impulsiona o emprego, novos empreendimentos, aumenta o fluxo dos veículos. Toda essa consequência é considerada geradora de ruídos ambientais indiretos. Portanto, um aeroporto é uma fonte de ruído direta e indireta.

Um estudo elaborado por Scatolini e Alves (2015) no aeroporto de Congonhas, em São Paulo, monitorou o ruído de quinze locais por mais de 168 horas consecutivas cada um (sete dias). As medições foram realizadas de forma isolada, caracterizando os ruídos ambiental, aeroviário e total. A medição de ruído total teve características de duração e intensidade sonora dos sobrevoos aeronáuticos (decolagens e pousos), e na sequência foram realizados os cruzamentos de dados com os relatórios de torre de controle fornecidos pelo administrador do aeroporto (Infraero).

Com os resultados apresentados, ficou claro que existe diminuição do ruído no período diário de fechamento da pista do aeroporto e os períodos em que as condições meteorológicas se apresentaram desfavoráveis. Em sete pontos medidos, foram apresentados valores de ruído de fundo acima do recomendado pela regulamentação nacional. Quatro pontos de medição apresentaram diferenças entre o ruído de aeronaves e ruído de fundo inferiores a 3 dB(A), e tal fato foi justificado devido ao relevo favorável à atenuação ou porque as aeronaves sobrevoam o local a grandes altitudes.

Quatro pontos apresentaram uma clara contribuição das aeronaves no incômodo sonoro, devido à proximidade com o aeródromo ou à baixa altitude dos sobrevoos. A discussão do trabalho apresenta que mesmo nos pontos onde houve grande contribuição do ruído de aeronaves no ruído total, a diferença não se mostrou tão significativa, dessa forma, mesmo que fosse possível desativar o aeroporto de Congonhas permanentemente, o problema da poluição sonora no entorno do aeroporto continuaria.

4.3 AS AERONAVES

Embora os aeroportos sejam estabelecimentos fixos, são os sistemas móveis – as aeronaves – as geradoras de ruído. Alguns elementos determinam a intensidade do ruído como tipo da aeronave, sistema de propulsão, desenho da turbina, operações de pouso, decolagem e aproximação, taxiamento, operações do pátio e testes mecânicos.

4.4 LEGISLAÇÃO QUANTO À POLUIÇÃO SONORA

A Organização Mundial da Saúde estabelece os seguintes valores de referência, quanto ao nível de ruído (BRAUBACH, 2011):

- Níveis de Pressão Sonora inferiores a 50 dB(A), o organismo se adapta e não causa perturbação;
- Níveis de Pressão Sonora acima de 55 dB(A), potencial para desencadear o estresse;
- Níveis de Pressão Sonora acima de 70 dB(A) aumentam os riscos de infartos e outras patologias;
- Níveis de Pressão Sonora igual ou acima de 80 dB(A) ocasionam a liberação de hormônios, causando uma falsa impressão prazerosa ao ouvir esse tipo de som;
- Níveis de Pressão Sonora igual e superior a 100 dB(A) dão início à perda da audição.

A Política Nacional do Meio Ambiente no Brasil, regida pela Lei Federal número 6.938 de 31 de agosto de 1981, define no artigo 3º, inciso III, a poluição com a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população, além

de criar condições adversas às atividades sociais e econômicas. Ainda no mesmo artigo, o inciso IV traz a definição de agente poluidor como a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental. Portanto, diante das definições legais, o ruído aeroviário tem um grande potencial de ser considerado um poluidor ambiental.

A aplicação de leis ambientais de controle de ruído em torno dos aeroportos é prejudicada devido à grande variabilidade observada nos níveis de ruído para sobrevoos do mesmo tipo de aeronave (MERINO-MARTINEZ; SNELLEN; SIMONS, 2016).

Estudos desenvolvidos apontam a possibilidade de detecção de falhas potenciais no motor e partes da fuselagem das aeronaves através da coleta de valores de ruído. Esse monitoramento de aeronaves pode aumentar a conscientização das companhias aéreas e dos pilotos sobre a população e como o ruído os afeta nas proximidades do aeroporto (VIDOVI; ŠTIMAC; ZEEVIT-TADI, 2017).

Em cidades com aeroportos, o plano diretor municipal é usado para auxiliar a mitigar a exposição da população residente local ao ruído proveniente de um aeroporto. A Lei Municipal de Curitiba nº 10.625/2002, que trata sobre ruídos urbanos, proteção do bem-estar e do sossego público, proíbe a perturbação do sossego e o bem-estar público com sons, ruídos e vibrações que causem incômodo de qualquer natureza ou que ultrapassem os limites fixados na lei. De acordo com o artigo 2º da Lei em questão, entende-se o período diurno como aquele iniciado às 07h1min e com término às 19h; o vespertino das 19h1min às 22h; e noturno, das 22h1min às 07h. Conforme o artigo 4º da mesma Lei, a medição do nível de pressão sonora deverá ser efetuada de acordo com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. A Tabela 1 apresenta os limites de ruído consoante o zoneamento urbano e período diário na cidade de Curitiba.

De acordo com estudo de Flores *et al.* (2017), a morfologia urbana das cidades contém um conjunto de características os quais modificam o ruído. Esse é um fator potencialmente influente para aumentar os níveis de pressão sonora aos quais a população em geral está exposta.

Tabela 1 - Limites De Ruído Conforme Zoneamento Urbano E Período Diário Na Cidade De Curitiba

ZONAS DE USO	DIURNO	VESPERTINO	NOTURNO
ZR-1, ZR-2, ZR-3, ZR-B, ZR-AV, ZR-M, APA-SARU, APA-SMRU	55 dB(A)	50 dB(A)	45 dB (A)
ZR-OC, ZR-SF, ZR-U, ZR-P, ZT-MF, ZT-NC, ZE-E, ZE-M, Z-CON, SE-CC, SE-PS, SE-OI , APA-ST	60 dB (A)	55 dB (A)	50 dB (A)
ZR-4, ZC, ZT-BR116, ZUM, ZE-D, SE, SH, SE-BR-116, SE-MF, SE-CF, SE-WB, SE-AC, SE-CB, CONEC, SE-PE, SC-SF, SC-UM, SE-NC, SEI, SEHIS, SE-LE, APA-SS Vias prioritárias 1 e 2, Vias setoriais, Vias coletoras 1,2 e 3	65 dB (A)	60 dB (A)	55 dB (A)
ZS-1, ZS-2, ZES, ZI, APA-SUE	70 dB (A)	60 dB (A)	60 dB (A)
Os casos não contemplados nesta tabela, serão objeto de análise específica por parte da Secretaria Municipal do Meio Ambiente			

Fonte: curitiba.gov.pr.br (2022).

4.5 NORMAS PARA MEDIÇÃO DE RUÍDO

Existem no Brasil 5 normas técnicas (Normas Regulamentadoras Brasileiras – NBRs) que regulamentam o ruído de aeroportos e estabelecem critérios para mitigação do ruído.

i) NBR 10.856/89 (ABNT): Avalia os efeitos no homem causados pelo ruído gerado por um sobrevoo de uma aeronave usando três propriedades básicas do ruído: Nível de pressão sonora, distribuição de frequência e variação no tempo.

ii) NBR 11.415/90 (ABNT): Define os termos e magnitudes para o ruído aeronáutico e estabelece a máxima exposição diária permissível dos níveis de ruído, sendo que a de 85 dB(A) é de 8 h diárias e para um ruído de 115 dB(A) é de 7 min diários.

iii) NBR 13.368/95 (ABNT): Estabelece método para monitorar os ruídos gerados por aeronaves que analisa qual o impacto sonoro gerado pelo ruído aeronáutico.

iv) NBR 10.151/19 (ABNT): Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas, aplicação de uso geral, estabelece critérios para a medição de ambientes e tem como objetivo:

I) fixar as condições para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independentemente da existência de reclamações;

II) especifica um método para medição do ruído e correções se o ruído possuir características especiais;

III) define o método de medição em função da pressão sonora equivalente em dB(A).

Cabe destacar quando se refere a ruído, que o nível de pressão sonora é uma relação logarítmica entre a pressão do som e uma pressão de referência. Por esse motivo, pequenos erros nos processos de medições podem acarretar diferenças significativas.

Mesmo com normas e métodos, as medições estão suscetíveis a variações. Estudo realizado por cinco universidades europeias na Itália, na Espanha, no Reino Unido e na Croácia mostrou que mesmo com um método padrão para detecção do ruído, a incerteza varia de 0,3 dB para aqueles ambientes acústicos onde as aeronaves são claramente detectáveis a quase 2,0 dB em ambientes de mais difícil detecção. As causas da incerteza variam e estão atribuídas a erros humanos, erro de classificação e identificação incorreta de eventos sonoros e diferenças na calibração dos aparelhos (ASENSIO *et al.*, 2011).

5. OBJETO DO ESTUDO

5.1 AEROPORTO BACACHERI

O Aeroporto Bacacheri (SBBI) localizado no bairro Bacacheri, cidade de Curitiba, estado do Paraná. Considerado um aeroporto de pequeno a médio porte, ele se limita a aeronaves de táxi aéreo e cargas. Construído em 1930 para fins militares, em 1980 foi incorporado, e a Infraero passou a administrá-lo.

O bairro Bacacheri tem principalmente áreas residenciais, atividades comerciais e uma vila militar. Conforme projeção do Censo do IBGE (2010), no ano de 2020 ele possuía cerca de 26.195 habitantes, uma área de 705 ha, uma densidade populacional de 33,37 habitantes por hectare e aproximadamente 2,60 habitantes por domicílio exposto ao ruído aéreo aeroportuário.

Com capacidade estimada de 300.000 passageiros por ano, o aeroporto tem uma pista com 1.390 metros de comprimento e 30 m de largura em uma área de 1.393.000 m².

6. QUESTIONÁRIO COM MORADORES DO ENTORNO DO AEROPORTO DO BACACHERI

Como parte do presente trabalho, foram realizadas entrevistas com moradores do bairro Bacacheri residentes nas proximidades do aeroporto. O objetivo do questionário é traçar alguns parâmetros do ruído com a população local.

Considerando a percepção dos indivíduos e para se ter maior precisão na identificação em quais momentos do dia o ruído tem maior influência negativa nas pessoas, foi usado um sistema de questionário e entrevistas com as pessoas da região do aeroporto do Bacacheri. Também foram tomados como base para elaboração do questionário alguns estudos que usaram sistema de entrevistas para justificar a fundamentação da pesquisa.

Um estudo usado foi realizado em 2011, o qual foi feito por meio de uma pesquisa com método qualitativo e quantitativo com a população civil e militar residente nas comunidades vizinhas à Base Aérea de Santa Maria – RS. Foram coletadas as respostas com uma pontuação numérica de 1 a 5, sendo 1 sem incômodo pelo ruído, e 5 muito incomodado por ele; posteriormente os dados coletados foram inseridos no software de análise estatística SPSS com modelo *Grounded Theory* (BARBOSA, 2011).

Outro estudo realizado em 2005 por meio de entrevistas teve como objetivo avaliar qualitativamente o nível de incômodo de professores e alunos de três escolas localizadas nas áreas estabelecidas no Plano Específico de Zoneamento de Ruído – PEZR do Aeroporto Internacional Salgado Filho, em Porto Alegre, RS. O resultado obtido foi a percepção de grande incômodo, a possibilidade de problemas de saúde vocais e auditivos devido à necessidade de se elevar o volume da voz e prejuízo no desempenho escolar (DE OLIVEIRA, SATTLER, 2006).

Em 2010, uma pesquisa com entrevistas teve o objetivo de analisar o impacto do ruído aeronáutico na população no entorno do aeroporto local em São José dos Campos – SP. Com base nas curvas isofônicas modeladas no software INM (*Integrated Noise Model*) elaborado pela *Federal Aviation Administration*, informações de dados de tráfego e meteorológicos fornecidos pelo Comando da Aeronáutica foram avaliados com questionários nos níveis de incômodo nas pessoas. O estudo revelou que 80% dos entrevistados se sentiram incomodados com o ruído (GIOVANELLI NETO, 2010).

Também em 2010, um estudo realizado em Brasília – DF mediante entrevistas com moradores das áreas próximas ao aeroporto identificou através de questionários que o nível de incômodo na população foi alto. Assim foi possível concluir que o ruído aeronáutico interfere nas atividades cotidianas, como assistir à TV, conversar, estudar ou falar ao telefone (CARVALHO Jr, 2015).

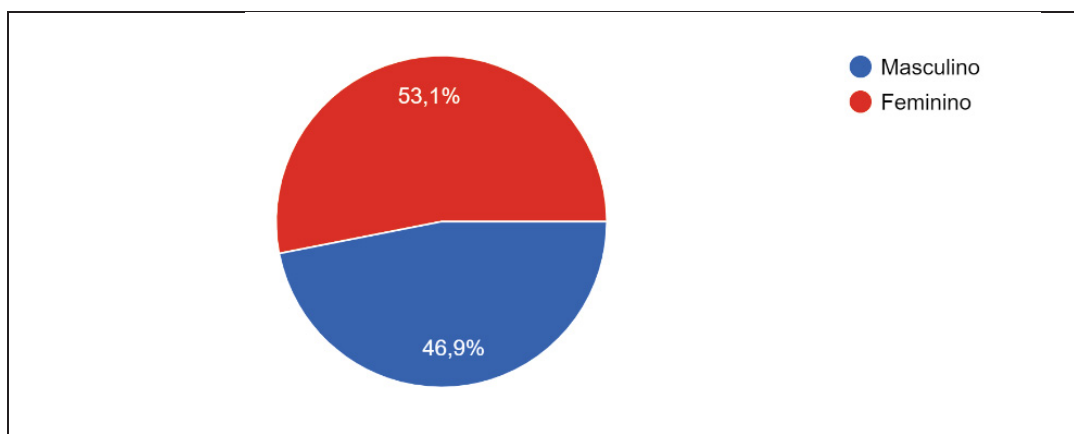
Na Coreia do Sul, em 2008, foi realizada uma série de entrevistas para avaliar o incômodo gerado pelo ruído aeronáutico na população ao redor de dois aeroportos civis. O resultado apontou que as duas populações se mostraram incomodadas pelo ruído aeronáutico. Além de apontar que o ruído de fundo interfere no grau de incômodo da população, concluiu-se que ele é uma variável que interfere no aumento ou redução do incômodo (LIM *et al*, 2008).

Ao avaliar o incômodo gerado pelo ruído aeronáutico do Emirados Árabes Unidos nos moradores do entorno do aeroporto local, concluiu-se que 41% dos entrevistados se sentem altamente incomodados com o ruído (ELMEHDI, 2012).

Outro estudo com entrevistas realizado com visitantes de sete parques nacionais concluiu que visitantes dos parques se sentiram incomodados pelo ruído emitido quando as aeronaves passavam (RAPOZA, SUDDERTH, LEWIS, 2015).

6.1 PERFIL DOS ENTREVISTADOS

Foram realizadas entrevistas (*on-line*), presenciais (*face-to-face*) e eletronicamente nos meses de janeiro a abril do ano de 2021 com pessoas que moram e, ou trabalham nas redondezas do aeroporto de Bacacheri, de modo que 162 questionários foram preenchidos por elas. Devido às limitações de circulação impostas pelo governo local e para evitar a propagação do Sars-CoV-2/Covid-19, algumas pessoas preferiram responder às entrevistas de forma *on-line*. Dos 162 questionários preenchidos por pessoas que estão ativamente na região, 53,1% foram respondidos por mulheres, e 46,9%, por homens.

Figura 7 - Caracterização Quanto Ao Sexo Dos Entrevistados

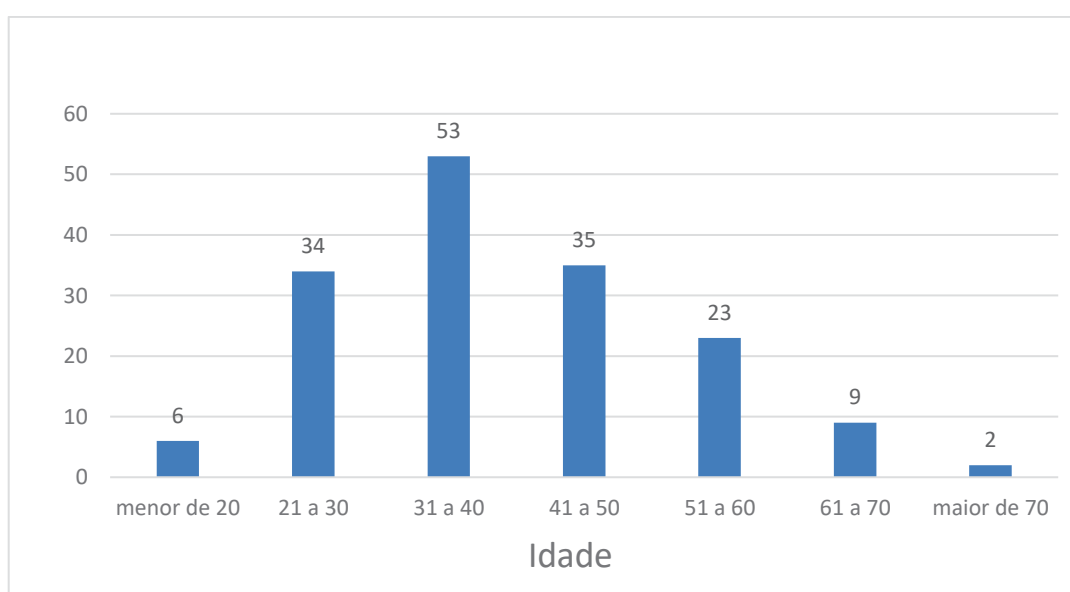
Fonte: Elaborada pelo autor (2022).

O Tabela 2 compreende as idades mínima, máxima e média da amostra. A idade mínima foi de 17 anos, e a máxima de 75 anos. A média das idades foi de aproximadamente 39,79 anos e mediana 38 anos; dessa forma, a amostragem é caracterizada como adulta.

TABELA 2 - Caracterização Quanto Ao Sexo Dos Entrevistados

Idade	Mínima	Máxima	Média	Mediana
	17 anos	75 anos	39,79 anos	38 anos

Fonte: O autor (2022).

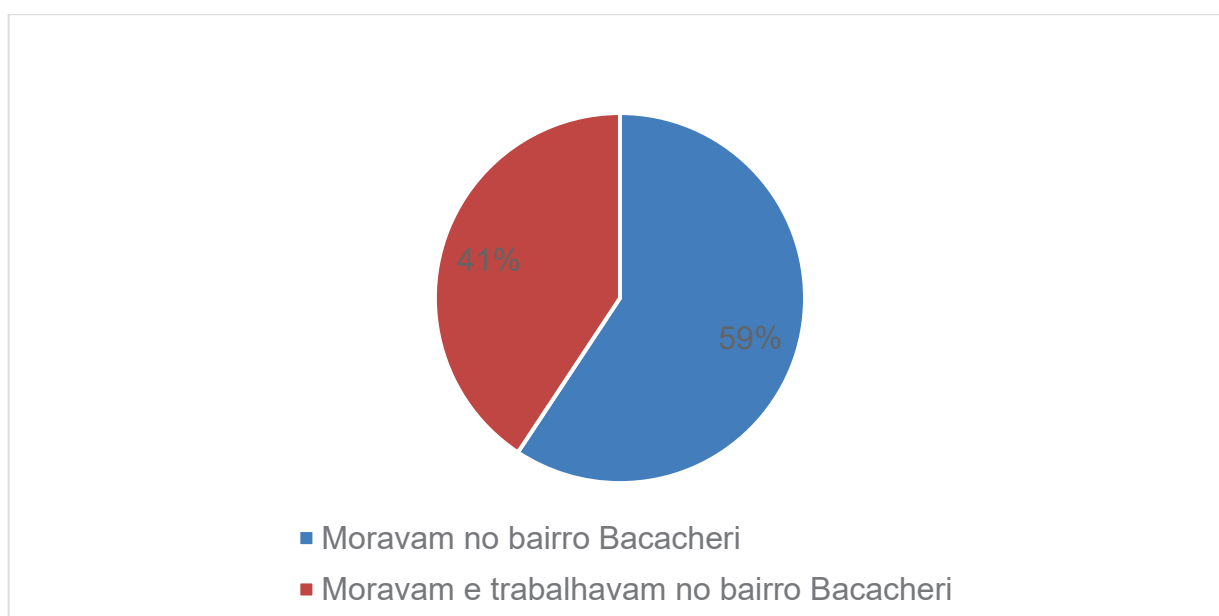
Figura 8 – Número De Entrevistados Por Faixa Etária

Fonte: O autor (2022).

A grande maioria dos que responderam ao questionário têm de 30 a 40 anos e são 53 pessoas entrevistadas (Figura 9). A amostra também se apresenta de forma multimodal, sendo 28, 31, 32, 34 e 37 as modas estatísticas de distribuição. Embora um maior espaço amostral permita uma maior confiabilidade de resultados (DHAR; BINU; MAYYA, 2014), para a comparação de diferentes distribuições binomiais, 162 amostras caracterizam um espaço amostral razoável nas futuras análises.

Com relação às atividades dos respondentes, a Figura 3 apresenta que 59,3% moravam no bairro Bacacheri, e 40,7% moravam e trabalhavam lá. A Tabela 4 mostra que a grande maioria dos entrevistados, ou seja, 56,2%, moram no bairro há mais de cinco anos, 34,6% moram lá de 1 a 5 anos, e 9,3% vivem lá há menos de 1 ano.

FIGURA 3 – Caracterização Quanto À Moradia E Trabalho Dos Entrevistados



FONTE: O autor (2022).

Tabela 3 - Caracterização Quanto Ao Tempo De Moradia No Bairro Por Parte Dos Entrevistados

Há quanto tempo mora no bairro Bacacheri	Mais de 5 anos	Entre 1 a 5 anos	Menos de 1 ano
	56,2%	34,6%	9,3%

Fonte: O autor (2022).

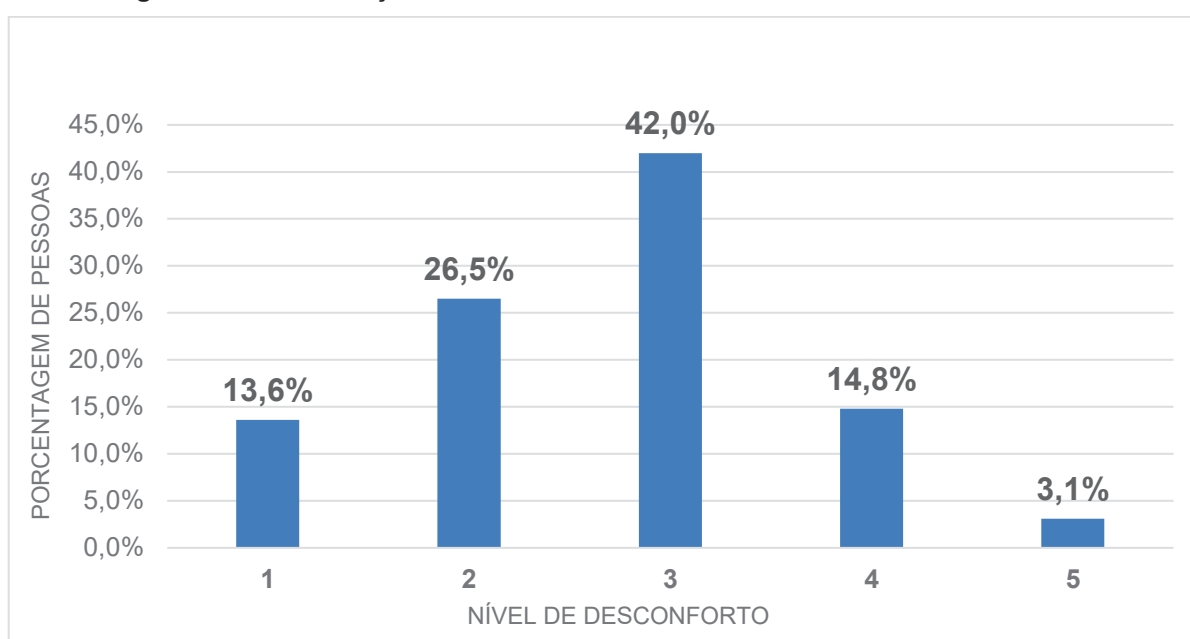
6.2 NÍVEL DE DESCONFORTO

O nível de desconforto causado pelo ruído ambiental foi quantificado em uma escala de 1 até 5, sendo que 1 representa nenhum desconforto causado pelo ruído

ambiental, 2 representa pouco desconforto, 3 representa desconforto, 4 representa muito desconforto, e 5 representa um altíssimo nível de desconforto.

Os resultados apresentam que 86,4% dos entrevistados relataram algum nível de desconforto. Conforme a Figura 9, das pessoas entrevistadas, 13,6% delas não sentem nenhum desconforto causado pelo ruído ambiental, 26,5% sentem pouco desconforto, 42,0% sentem desconforto, 14,8% sentem muito desconforto, e 3,1% sentem altíssimo nível de desconforto.

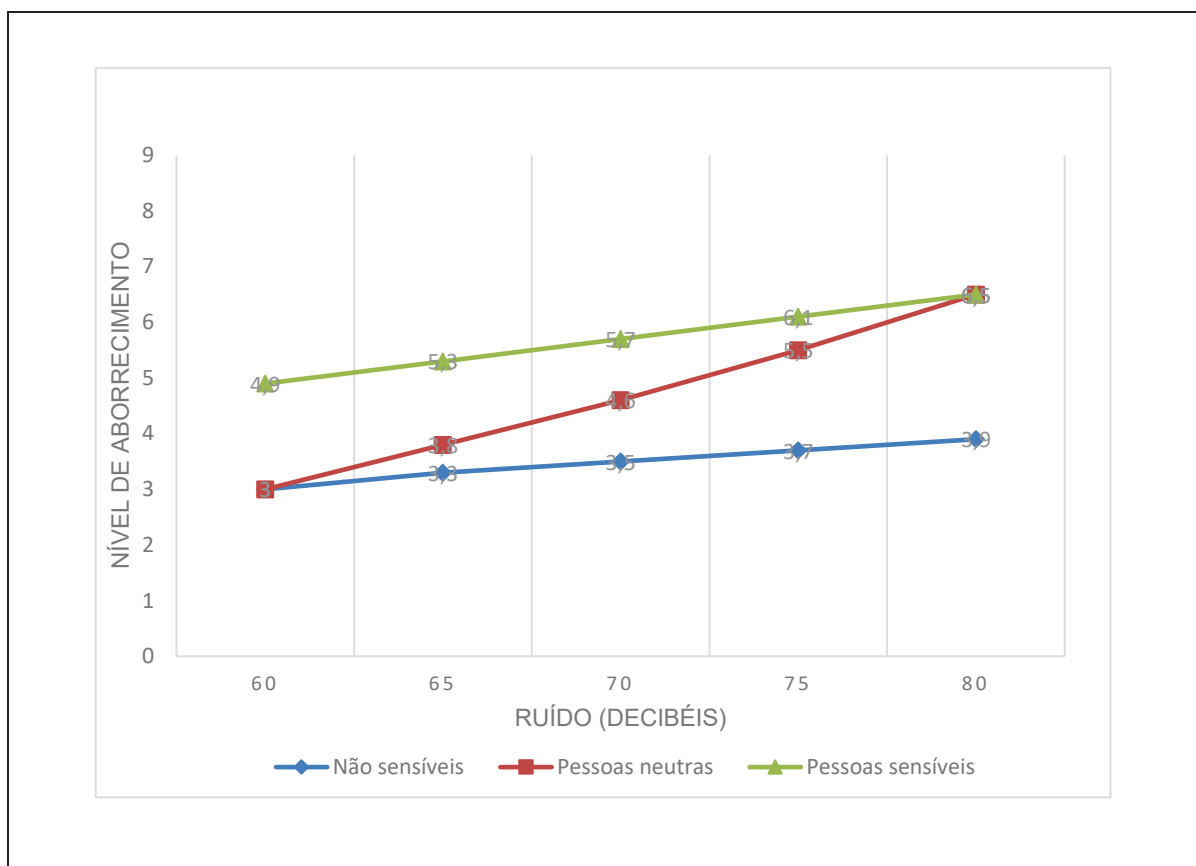
Figura 9 - Caracterização Do Nível De Desconforto Provocado Pelo Ruído Ambiente



FONTE: O autor (2022).

A sensibilidade ao ruído (*sensitivity to noise*) está diretamente ligada a alguns fatores pessoais do indivíduo. Por definição, ela está relacionada ao estado psicológico ou estilo de vida do indivíduo, podendo aumentar ou diminuir a reação ao ruído (SOAMES JOB, 1999; GUSKI, 1999).

Um estudo conduzido por McKennell (1963 *apud* GUSKI 1999; SOAMES JOB, 1999) submeteu várias pessoas ao mesmo nível de ruído e questionou todos os voluntários com uma única pergunta: “Você diria ser muito ou pouco sensível ao ruído quando comparado com outras pessoas?” Após o estudo, foi concluído que pessoas que se classificam como sensíveis ao ruído se mostram mais incomodadas que as que se consideram não sensíveis quando expostas ao mesmo nível de ruído, Figura 11.

Figura 10 - Sensibilidade Ao Ruído Segundo Mckennell

Fonte: Adaptada de GUSKI (1999).

O estudo de McKennell pode explicar o porquê de poder existir no presente trabalho diferentes respostas quanto ao nível de desconforto, mesmo os entrevistados estando expostos ao mesmo nível de ruído.

6.3 IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE RUÍDO

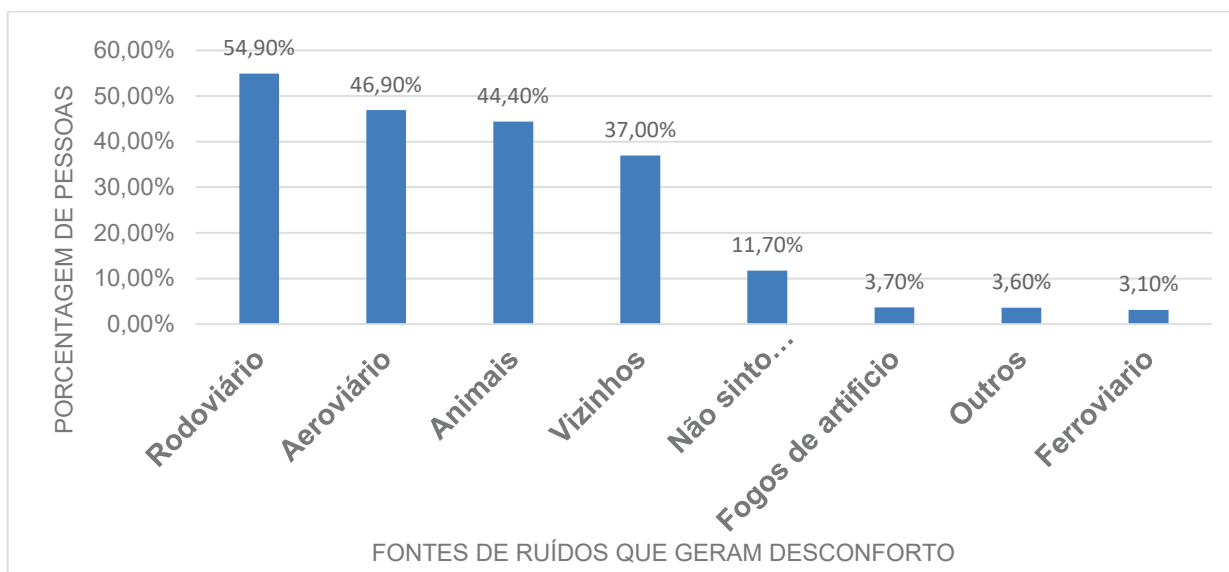
Como tratado anteriormente, em um ambiente existem diversas fontes sonoras as quais podem gerar o incômodo e desencadear mudanças no comportamento das pessoas. Para identificar possíveis fontes de ruídos e oferecer opções aos entrevistados, foram realizadas diligências, visitas *in-loco* no entorno do aeroporto Bacacheri, e recorreu-se aos resultados de trabalhos semelhantes que usaram questionários com pesquisas estimuladas e espontâneas. Foi levada em consideração para efeitos de desenvolvimento do trabalho uma pesquisa passada realizada em 2016 com 205 pessoas por Silva, Souza, Zannin (2021), a qual avaliou a percepção das fontes de ruídos que mais perturbam os moradores da região de

Bacacheri. Também foram consideradas as possibilidades de mudanças da percepção das fontes de ruídos que mais perturbam os moradores da região de Bacacheri após o aparecimento da pandemia do Sars-CoV-2/Covid-19.

Um estudo realizado em alguns bairros de Curitiba mostra que as principais fontes de ruído citadas pelos moradores como causadoras de incômodo foram: 1) o tráfego de veículos (67 %), 2) os vizinhos (33%), 3) o barulho de sirenes (23%), 4) o barulho de animais (21%) (ZANNIN et al., 2005).

Além do ruído aeroviário, o qual é um dos objetos do presente estudo, foram dados como alternativa os ruídos rodoviário e ferroviário, uma vez que toda a região é transitável com avenidas movimentadas e existe uma ferrovia próximo ao aeroporto. Foi dada a opção de ruído provocado por vizinhos, animais, fogos de artifícios além da opção que considera que o entrevistado não se sente desconfortável com o ruído ambiente. Também foi dada a opção de preenchimento espontâneo de outras fontes sugeridas pelos entrevistados.

Nessa pergunta do questionário foi dada possibilidade aos entrevistados de responderem a mais de uma opção. Quando questionados quais fontes de ruído geram desconforto, 37,0% consideram que vizinhos são fontes de ruído, 46,9% consideram o ruído aeroviário, 44,4% consideram animais, 54,9% consideram o ruído rodoviário, 3,7% consideram fogos de artifício, 3,1% consideram o ruído ferroviário, e 3,6% consideram outras fontes como igrejas, roçadeiras e sirenes como fontes de ruído. Por fim, 11,7% das pessoas não sentem nenhum desconforto de nenhuma fonte sonora (Figura 12).

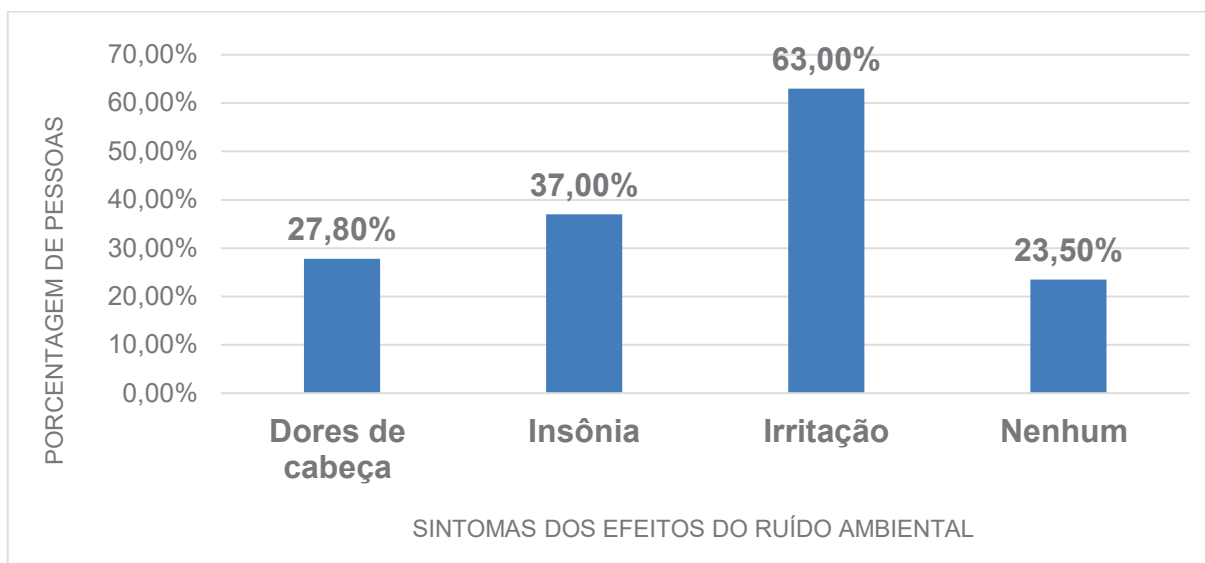
Figura 11 - Caracterização Das Fontes De Ruídos Que Geram Desconforto Nos Entrevistados

Fonte: O autor (2022).

6.4 SINTOMAS FÍSICOS E PSICOSSOCIAIS DOS EFEITOS DO RUÍDO

Para identificar os sintomas dos efeitos do ruído ambiental na população, foi utilizado um questionário elaborado com base em dados semelhantes citados em estudos que apresentaram objetivos similares aos do presente trabalho de avaliar o ruído (APARICIO-RAMON *et al.*, 1993; BELOJEVIC´ & JAKOVLEVIC´, 1997, 1999; ZANNIN *et al.*, 2002; ZANNIN *et al.*, 2003). Foram dados como opção estimulada os sintomas dos efeitos do ruído ambiental: dores de cabeça, insônia, irritação e nenhum sintoma.

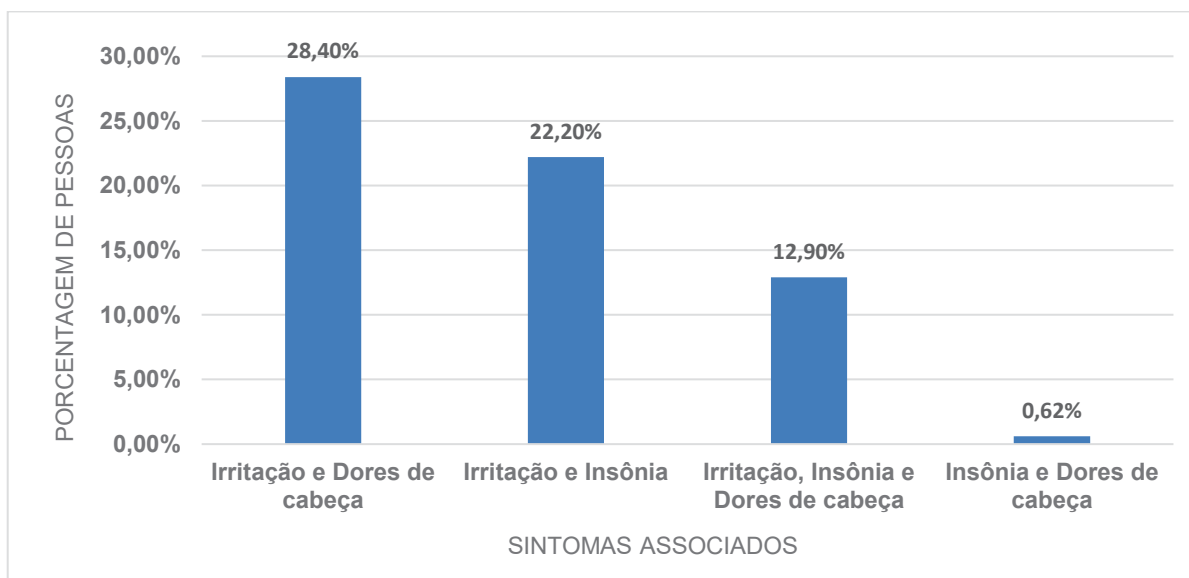
Os resultados mostraram que 76,5% dos entrevistados relataram alguma queixa, sendo o sintoma mais comum a Irritação com 63%, seguido da insônia com 37%, e dores de cabeça com 27,8%. Sem menos importância, 23,5% das pessoas entrevistadas relataram que não sentem nenhum sintoma (Figura 13).

Figura 12 - Caracterização Dos Sintomas Gerados Pelos Ruídos Nos Entrevistados

Fonte: O autor (2022).

Destaca-se que o fato de não sentirem nenhum sintoma não exclui a precessão quanto ao nível de desconforto, e tal análise é facilmente comprovada quando verificamos que 86,4% entrevistados relataram algum nível de desconforto, e que 76,5% dos entrevistados citaram alguma queixa dos sintomas.

Quando associados, os três sintomas (irritação, insônia e dores de cabeça) representam 12,9% dos entrevistados; quando associados somente os sintomas irritação e insônia, são citados por 28,4%; os sintomas de irritação e dores de cabeça estão associados em 22,2%, e os sintomas de insônia e dores de cabeça associados foram citados por apenas um entrevistado, 0,62% dos entrevistados (Figura 14).

Figura 13 - Caracterização Dos Sintomas Associados

Fonte: O autor (2022).

Quando analisamos o sintoma irritação, associado ou não, vemos que foi citado por 63% dos entrevistados, a maior menção pode ser explicada pela razão de que a irritabilidade é uma queixa sentida com mais imediatismo do que outras opções dadas ao entrevistado. Guski (1999) conduziu um estudo, o qual classificou que os efeitos do ruído ambiental podem gerar efeitos de curto prazo e efeitos secundários. Conforme o autor, quando é produzido um ruído, primeiro o indivíduo sente a ação direta em suas atividades, como interferência na comunicação, ou efeitos no corpo, como aumento da pressão sanguínea.

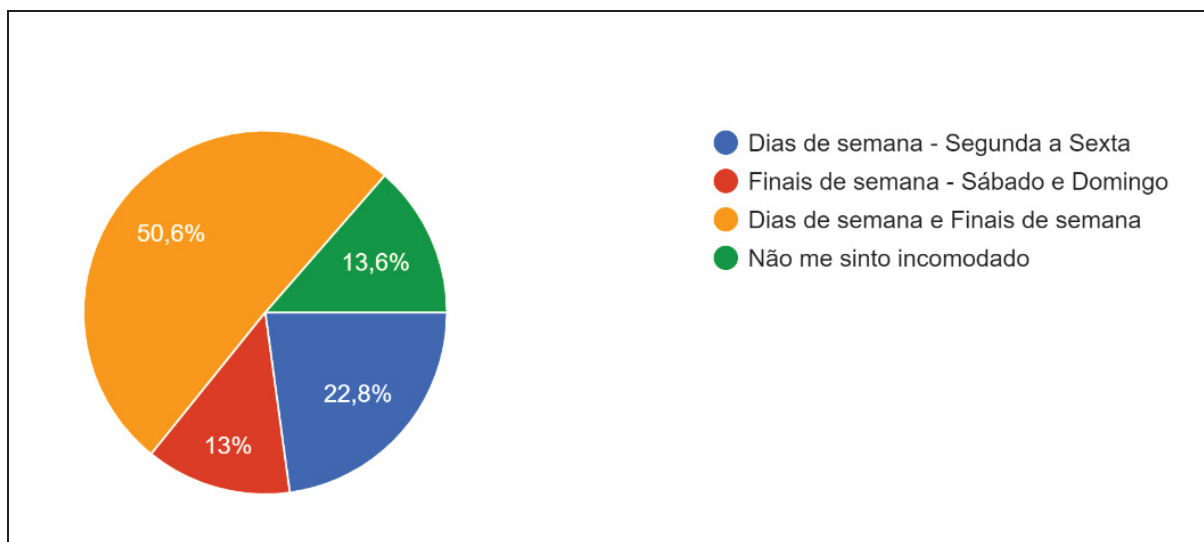
De modo geral, o sintoma da irritabilidade pode ser mais perceptível num primeiro momento e tende a ter maior porcentagem de citações pelos entrevistados, já a insônia e dores de cabeça podem ser tratados como sintomas secundários. Isso pode explicar o porquê de o sintoma irritação se apresentar com maior associação em relação aos outros sintomas mencionados nas entrevistas.

6.5 PERÍODOS DA SEMANA DE PERCEPÇÃO DO RUÍDO

A Figura 15 mostra o período da semana e o incômodo percebido pela população. Dos entrevistados, 50,6% responderam que se sentem incomodados todos os dias, 22,8% se sentem incomodados durante os dias de semana, de segunda

a sexta feira, 13,0% se sentem incomodados nos finais de semana, e 13,6% não se sentem incomodados.

Figura 14 - Caracterização Período Da Semana e o Incômodo Percebido Pelos Entrevistados



Fonte: O autor (2022).

6.6 HORÁRIO DE PERCEPÇÃO DO RUÍDO

A Tabela 5, mostra que para 24,1% dos entrevistados o horário das 18 às 20 h é o mais crítico; 21,6% consideram o horário das 6 às 08 h; 14,2% consideram o horário das 20 às 22 h, e 9,9% dos entrevistados mencionam o das 22 até 00 h como o que produz mais ruído.

Tabela 4 - Caracterização Quanto Ao Horário Do Incômodo Percebido Pelos Entrevistados

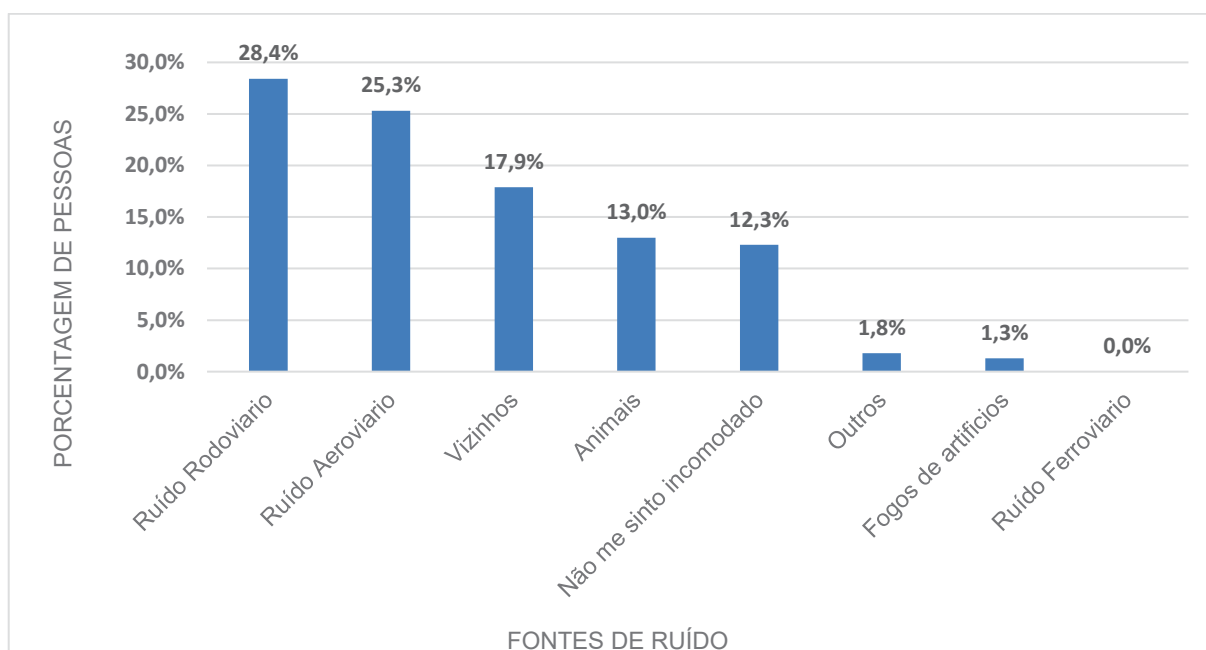
Horário	% de pessoas afetadas
00 h às 02 h	2,5%
02 h às 04 h	1,2%
04 h às 06 h	0,0%
06 h às 08 h	21,6%
08 h às 10 h	6,8%
10 h às 12 h	0,6%
12 h às 14 h	2,5%
14 h às 16 h	0,0%
16 h às 18 h	4,9%

18 h às 20 h	24,1%
20 h às 22 h	14,2%
22 h às 00 h	9,9%
Não me sinto incomodado	11,7%

Fonte: O autor (2022).

Quando questionado ao entrevistado do horário mencionado na Tabela 5 qual fonte sonora é a maior responsável pelo incômodo, as respostas foram: 28,4% consideraram Ruído Rodoviário; 25,3% consideraram o Ruído Aeroviário; 17,9% dos entrevistados consideraram vizinho; 13,0% consideraram Animais; 12,3% não se sentem incomodados; 1,8% citam outras fontes de ruído, e 1,3% consideraram Fogos de artifícios (Figura 16).

Figura 15 - Caracterização Quanto Ao Tipo De Fonte De Ruído No Horário De Maior Incômodo Percebido Pelos Entrevistados

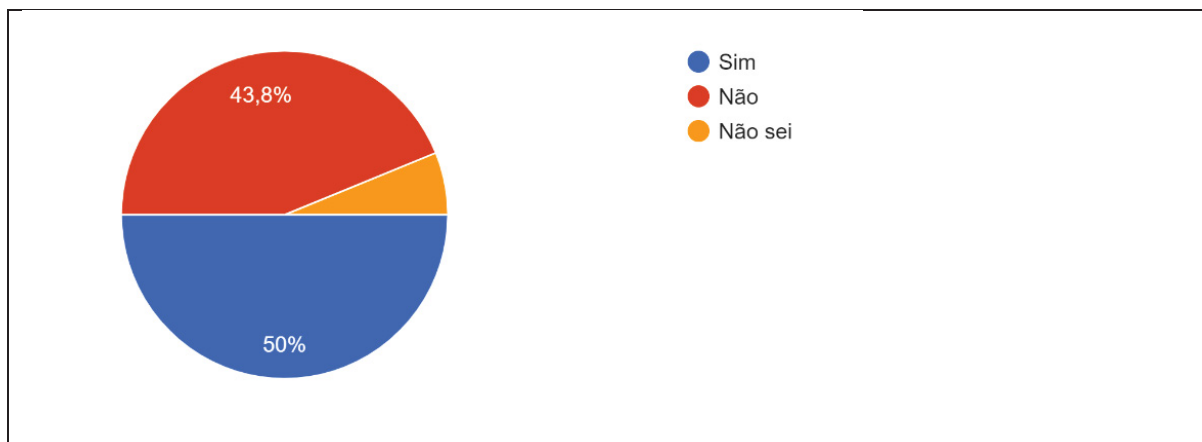


Fonte: O autor (2022).

6.7 PERCEPÇÃO DA DESVALORIZAÇÃO DOS IMÓVEIS

Outra questão à qual os moradores responderam foi se consideram que esse ruído ambiental pode levar à desvalorização de seus imóveis. A maioria, 50%, respondeu acreditar que o ruído desvaloriza o imóvel, enquanto 43,8% entendem não haver desvalorização, e 6,2% dos entrevistados não souberam opinar.

Figura 16 - Caracterização Quanto À Desvalorização Dos Imóveis Em Virtude Do Ruído Ambiental Na Percepção Dos Entrevistados



Fonte: O autor (2022).

Além de obter um dado direto a respeito da percepção da variação do valor do imóvel em função do ruído, a pergunta objetivou impulsionar o entrevistado à reflexão do impacto financeiro que o aeroporto pode causar.

7. COMPARAÇÃO COM ESTUDO DE 2016

Para efeitos de validação dos resultados das entrevistas, levou-se em consideração uma pesquisa passada realizada em 2016 com 205 pessoas e publicados em (CORSETTI SILVA; E SOUZA; ZANNIN, 2021).

O procedimento para comparar os dados passados de 2016 com os atuais de 2021 utiliza-se de uma hipótese nula na qual se considera que dois resultados têm estatisticamente a mesma significância contra a hipótese alternativa onde eles são estatisticamente diferentes, como está ilustrado nas Eq.7.1 e Eq.7.2, respectivamente. Para exemplificar, se a porcentagem p_1 de pessoas que moram e trabalham na região de Bacacheri em 2016 continuar estatisticamente igual em 2021, com porcentagem p_2 , pode-se analisar a hipótese nula diretamente. A ideia de realizar testes de hipóteses é providenciar um mecanismo eficiente de redução de incerteza usando um processo inferencial (FISHER; WISNESKI; BAKKER, 2020).

$$H_0: p_1 = p_2 \quad (7.1)$$

$$H_A: p_1 \neq p_2 \quad (7.2)$$

No presente trabalho utilizou-se um nível de confiança de 95%. O teste estatístico T é definido na Eq. 7.3 para a maioria das comparações a qual assume uma distribuição binomial, em que n representa o número de entrevistados, e p a porcentagem correspondente a um certo fato. Se $|T|$ for maior que 1,96, então a hipótese nula deve ser rejeitada, caso contrário ela não deve ser rejeitada.

$$T = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{\left(\frac{n_1 p_1 + n_2 p_2}{n_1 + n_2}\right) \left(1 - \frac{n_1 p_1 + n_2 p_2}{n_1 + n_2}\right) \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (7.3)$$

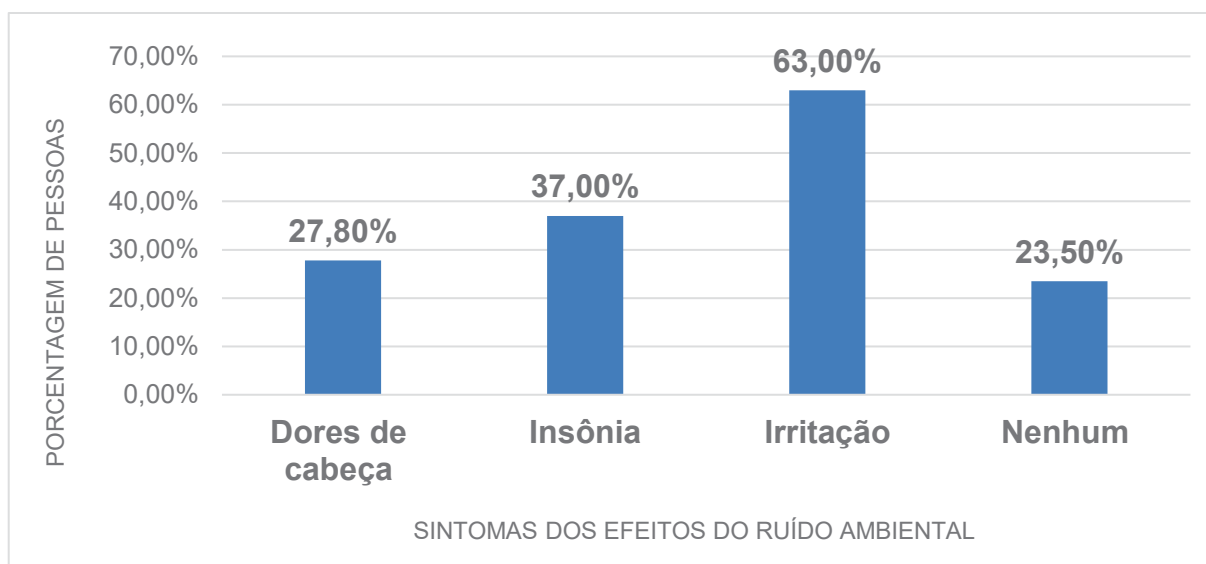
Outra forma de escolher entre rejeitar ou falhar em rejeitar a hipótese nula é através do valor de p , que, caso seja maior que o limite pré-estabelecido (5% para o presente trabalho), a hipótese nula não pode ser rejeitada. Se o valor de p for menor que 5%, então a hipótese nula deve ser rejeitada.

7.1 RESULTADOS E DISCUSSÃO COMPARATIVA ENTRE ESTUDO DE 2016 E 2021

7.1.1 Comparação do nível de desconforto

A escala arbitrada para quantificar o nível de desconforto tem a escala de 1 até 5, onde 1 representa nenhum desconforto causado pelo ruído ambiental, e 5 representa um altíssimo nível de desconforto. Pode-se observar que a grande porcentagem dos entrevistados sente pouco ou razoável desconforto por causa do ruído. Dentre eles, 63,0% sentem irritação provocada pelo ruído ambiental na região, valor diferente daquele obtido no estudo realizado em 2016, no qual 76,0% dos indivíduos queixavam-se de irritabilidade relacionados ao ruído local. Alguns autores atribuem essa redução do ruído ambiental à diminuição do fluxo de veículos, pessoas e processos industriais por causa das medidas de lockdown adotadas (BASU *et al.*, 2021; LECOCQ *et al.*, 2020).

Figura 17 - Caracterização Dos Sintomas Gerados Pelos Ruídos Nos Entrevistados Em 2021



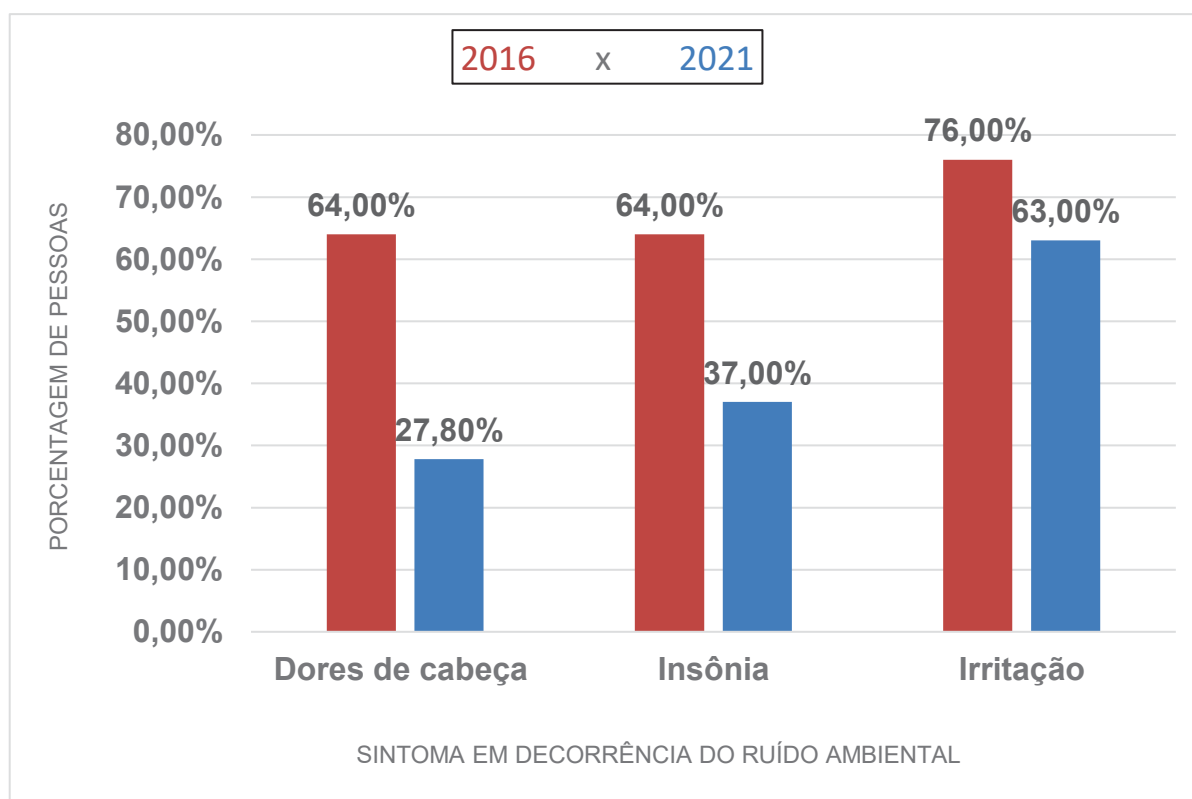
Fonte: O autor (2022).

No ano de 2016, 83% dos indivíduos se sentiam incomodados principalmente em dias de semana, enquanto para o ano de 2021 esse número caiu para 22,8%. Aplicando o teste estatístico previamente descrito na Eq. 3, obtemos um $|T|$ superior a 1,96, o que nos permite rejeitar a hipótese de que o número de indivíduos afetados durante os dias de semana permaneceu igual com o tempo. Um possível motivo para

essa redução de percepção é que com um maior número de indivíduos permanecendo em casa por causa das medidas adotadas pelo governo do Paraná, as pessoas ficam expostas a níveis parecidos de ruído ao longo de toda a semana, e não a níveis maiores de segunda a sexta. Isso está de acordo com resultados obtidos por Rumpler, Venkataraman e Goransson (2020), que reportam flutuações de ruído similares durante dias de semana e finais de semana em decorrência da pandemia do Sars-CoV-2/Covid-19 na cidade de Estocolmo, Suécia.

A porcentagem de indivíduos com algum sintoma em decorrência do ruído ambiental reduziu drasticamente em 2021, como se pode observar na Figura 19. É interessante observar que, embora a porcentagem de indivíduos que sofrem de irritação tenha caído com a pandemia, 76,5% das pessoas em torno do aeroporto ainda se queixam de tal sintoma. Alguns dos entrevistados especificaram o ruído rodoviário – especificamente motocicletas – como a principal fonte sonora. Andrade et al. (2020) observaram o mesmo fenômeno em um estudo no entorno de um hospital público e apontaram que tal fato se devia principalmente ao aumento no número de pedidos por delivery, visto que as pessoas estavam evitando sair para comer.

Figura 18 - Comparativo das Porcentagens dos Entrevistados dos Estudos de 2016 e 2021 que Sofrem Algum Sintoma em Decorrrência do Ruído Ambiental



Fonte: O autor (2022).

Em relação ao ruído aeroviário, em 2016 ele era considerado um dos maiores responsáveis pelos sintomas de dores de cabeça, insônia e irritação. No ano de 2021, embora 46,9% dos entrevistados tenham apontado o ruído aeroviário como uma fonte sonora incômoda, apenas 25,3% consideram tal fonte como a maior responsável pelo desconforto. Em contrapartida, 54,9% dos entrevistados dizem se sentir incomodados pelo ruído rodoviário, e 28,4% afirmam que ele é a fonte sonora mais incômoda na região. Com o aumento do fluxo de motocicletas, que geram altos níveis sonoros (PAVIOTTI; VOGIATZIS, 2012), e uma provável redução no número de voos realizados no aeroporto local, pode-se supor que o ruído rodoviário se sobrepôs ao ruído aeroviário na região.

7.1.2 Comparação do horário com incidência de mais ruído

Para melhor embasar a discussão acima, podem-se observar os horários considerados como mais barulhentos pelos moradores em 2016 e em 2021 na Tabela 6. Em 2016, as pessoas se sentiam extremamente incomodadas entre as 06 e as 08h, horário em que várias manobras de decolagem e pouso eram realizadas no aeroporto de Bacacheri (CORSETTI SILVA; E SOUZA; ZANNIN, 2021). Em contrapartida, para o ano de 2021, o horário das 18 às 20h é o mais incômodo, possivelmente por ser quando muitos residentes pedem serviços de delivery para jantar. Nessa faixa de horário muitas fontes de ruídos (veículos pesados, construções etc.) se acalmam, e isso provavelmente faz com que os picos de intensidade sonora gerados pelas motocicletas causem um maior desconforto ao homem pela grande variação do nível sonoro.

Tabela 5 - Comparação Entre os Horários Considerados Como Mais Barulhentos Pelos Moradores de Bacacheri em 2016 e 2021

Horário	Estudo realizado em	
	2016	2021
00 h às 02 h	21,0%	2,5%
02h às 04 h	20,0%	1,2%
04 h às 06 h	12,0%	0,0%

06 h às 08 h	28,0%	21,6%
08 h às 10 h	3,0%	6,8%
10 h às 12 h	3,0%	0,6%
12 h às 14 h	2,5%	2,5%
14 h às 16 h	0,0%	0,0%
16 h às 18 h	0,0%	4,9%
18 h às 20 h	2,0%	24,1%
20 h às 22 h	1,0%	14,2%
22 h às 00 h	3,0%	9,9%

Fonte O autor (2022).

7.1.3 Comparação da percepção influência do ruído no valor do imóvel

Finalmente, é interessante comparar como a percepção sobre o efeito do ruído ambiental no preço do imóvel mudou com a pandemia. Em 2016, 61% dos entrevistados consideravam que o ruído local levava a uma desvalorização do imóvel, enquanto para o ano de 2021 esse número caiu para 50,0%. Aplicando a Eq. 3, isso resulta em um $|T|$ superior a 1,96, e isso significa que a hipótese nula de que a porcentagem de moradores de Bacacheri os quais consideram que os imóveis se desvalorizaram com o ruído local é igual em 2016 e 2021 deve ser rejeitada. Uma possível explicação para tal mudança de percepção é que o lockdown fez as pessoas valorizarem mais o espaço onde vivem (ŞENTOP DÜMEN; ŞAHER, 2020).

7.2 COMPARAÇÃO DO ESTUDO DE 2016 COM 2021

Com a pandemia do Sars-CoV-2/Covid-19, a poluição sonora no bairro Bacacheri, onde se encontra um aeroporto que atende a aeronaves de pequeno e médio porte, sofreu uma queda perceptível pelos moradores no ano de 2021 em comparação com 2016 em virtude do menor número de queixas de ruído na área e menor quantidade de pessoas sofrendo de problemas como irritabilidade, dores de cabeça e insônia. Esse efeito pode ser atribuído não somente ao menor fluxo de veículos ou centro comerciais em decorrência da pandemia (ALETTA *et al.*, 2020), mas também ao fato de o ruído aeroviário, previamente um dos grandes responsáveis pelo incômodo acústico na região, ter sido reduzido.

Atualmente (2021), as pessoas na região se sentem mais incomodadas pelo ruído no horário das 18h às 20h, provavelmente por ser quando muitas motocicletas circulam na região por causa do serviço de delivery. Finalmente, o *lockdown* fez as pessoas ficarem mais tempo em suas casas e, para as condições reduzidas de poluição sonora no ambiente, elas passaram a valorizar mais o espaço onde vivem em comparação com 2016.

8. ANÁLISE OBJETIVA

8.1 COLETA DE DADOS

Os dados coletados foram os Níveis de Pressão Sonora, com faixa de medição de 30 a 130 dB, curva de Ponderação “A”, com respostas em padrão *Slow*, com intervalo de medição de 1,0 segundo.

8.2 EQUIPAMENTO UTILIZADO

O equipamento utilizado para medir o Nível de Pressão Sonora foi o Decibelímetro Digital, da marca *Instrutherm* nº 176107, modelo DEC-490, faixas de medição de 30 a 130 dB e Ponderação “A” e “C”, com respostas em padrão *Slow* e *Fast*, para determinação de ruídos de natureza contínuos ou intermitentes de impacto. Precisão de +/- 1,4 dB, resolução de 0,1 dB, atualização em 2 vezes por segundo, erro de -0,2 a +0,3 dB(A), na incerteza de +/- 0,4 dB e k=2, certificado de Calibração nº S392581/2022.

8.3 MODELOS DE AERONAVES E TRÁFEGO AÉREO

Conforme relatórios anuais da Infraero, as aeronaves que operam no aeroporto Bacacheri podem ser divididas basicamente em Monomotores, que operam com apenas um motor, Bimotores, aeronaves dotadas de dois motores, e Jatos, que são impulsionados por motores a jato.

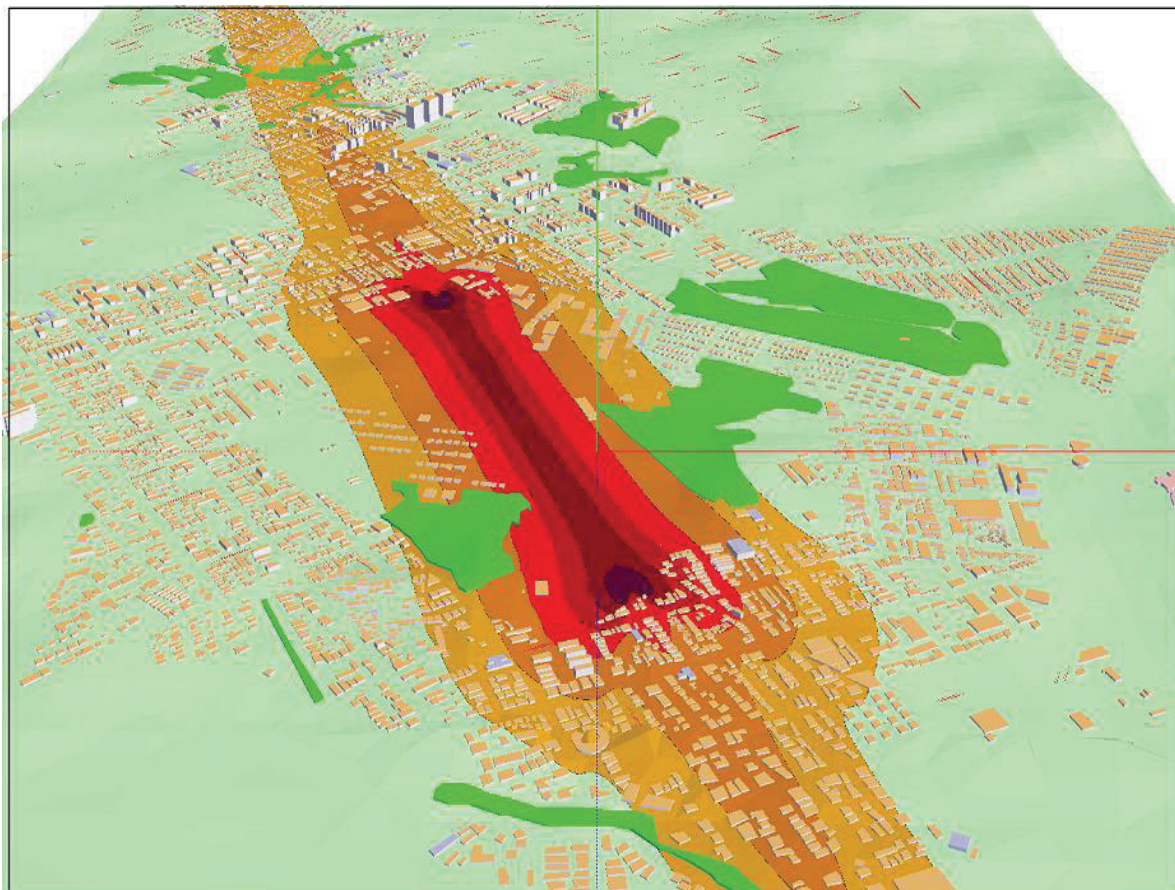
8.4 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO

Conforme Sari *et al.* (2014), conforme aumentamos a distância do ponto de medição da fonte do ruído aeroviário, maior pode ser a influência de outras fontes sonoras como o ruído rodoviário, ferroviários e outros, reduzindo a confiabilidade da medição.

Para aprimorar tal situação, foram escolhidos pontos que minimizassem as inferências das outras fontes sonoras.

Os pontos de medição ficaram delimitados dentro das curvas isofônicas. Como referência, foi utilizado o mapeamento acústico do aeroporto Bacacheri descrito no trabalho de dissertação de Souza (2018).

Figura 19 - Curvas Isofônicas do Aeroporto Bacacheri.



Fonte: SOUZA (2018).

Para Sari *et al.* (2014), quanto maior a distância entre o ponto de medição e a fonte de ruído aeroviário, maior será a possibilidade de o valor medido estar sujeito à influência de outras fontes sonoras, como o ruído rodoviário e outros. Por essa razão, foram definidos pontos de medição próximos às cabeceiras da pista e nas rotas das aeronaves, permitindo maior precisão em segurança do som emitido pelas aeronaves.

Figura 20 - Localização Dos Pontos De Medição Ao Redor Do Aeroporto Bacacheri



Fonte: Autor (2022).

Destacam-se que os pontos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 estão inseridos nas cabeceiras de decolagem e pouso e dentro da rota do plano de voo das aeronaves.

O ponto 3 está localizado a uma distância aproximada de 130 metros da cabeceira da pista; os pontos 2 e 5 estão aproximadamente a 250 metros; o ponto 1 está aproximadamente a 380 metros; o ponto 4 está aproximadamente a 80 metros da cabeceira da pista, e o ponto 6 está aproximadamente a 430 metros.

8.5 DEFINIÇÃO DOS HORÁRIOS DE MEDIÇÃO

Por meio do relatório anual de tráfego aéreo do Aeroporto Bacacheri, retiraram-se informações referentes aos dias de operações e os horários de maior tráfego aéreo. Informação de suma importância para facilitar o cronograma de medições, possibilitando o maior registro de eventos de ruído aeroviário.

Conforme resultados obtidos na primeira fase do presente trabalho descritos no item 7.1.2, conforme a Tabela 6 um dos horários de maior incômodo percebido pelos entrevistados é das 06h às 08h, por essa razão, as medições se concentraram predominantemente nessa faixa de horário.

8.6 MEDIÇÃO DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA

Com o objetivo de manter a padronização e homogeneidade nos dados, as medições foram realizadas durante o período diurno e obedeceram às diretrizes da norma NBR 10.151/19, a qual estabelece que as condições climáticas sejam adequadas, altura do microfone de 1,2 m do solo e 2 m de distância de superfícies refletoras. As medições tiveram duração mínima de 30 min e com a captação do ruído de no mínimo de 3 aeronaves.

Figura 21 - Medição Próximo À Cabeceira - Ponto De Medição 3



Fonte: O autor (2022).

Figura 22 - Medição Próximo À Cabeceira - Ponto De Medição 1



Fonte: O autor (2022).

Figura 23 - Medição Próximo à Cabeceira - Ponto De Medição 6



Fonte: O autor (2022).

Figura 24 - Medição Próximo à Cabeceira - Ponto De Medição 4



Fonte: O autor (2022).

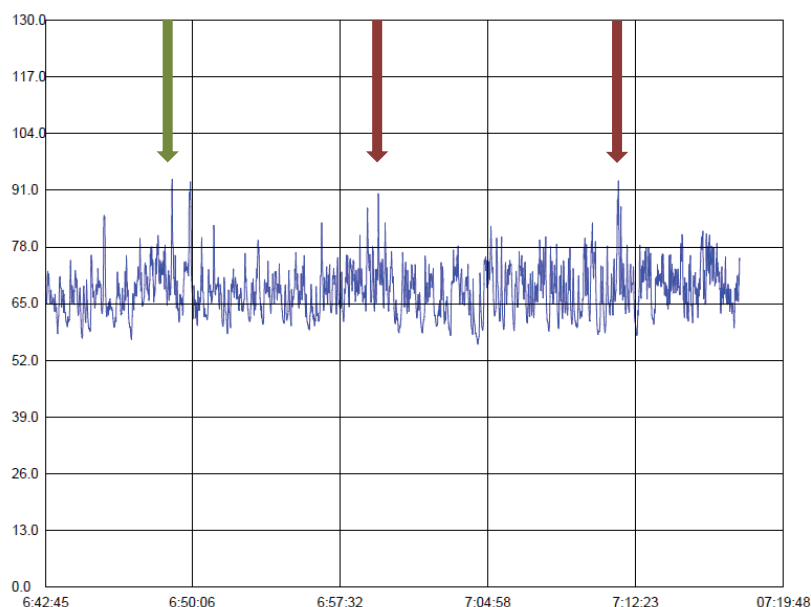
9. RESULTADO DAS MEDIÇÕES DOS NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA

As medições dos níveis de pressão sonora nos pontos definidos na metodologia realizaram-se conforme padronizações citadas no capítulo 8 assim como os locais dos pontos de medição podem ser observados na Figura 21.

Nos resultados das medições, é possível observar o registro do tempo de medição, número de aeronaves no período avaliado, LAmax (Leitura máxima medida) LAmin (Leitura mínima medida), LAeq, Registro das medições no momento do voo das aeronaves e tipo de aeronaves.

Nas figuras, o eixo vertical representa os Níveis de Pressão sonora medidos em dB(A), e no eixo horizontal, tem-se o tempo de medição, correspondente ao tempo mínimo de 30 minutos.

Figura 25 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 1



Tipos de aeronave:

↓ Monomotor
 ↓ Bimotor
 ↓ Jato

Fonte: O autor (2022).

Resultados:

Medição 01 – 93,5 dB(A) - Aeronave Bimotor;

Medição 02 - 90,2 dB(A) - Aeronave Jato;

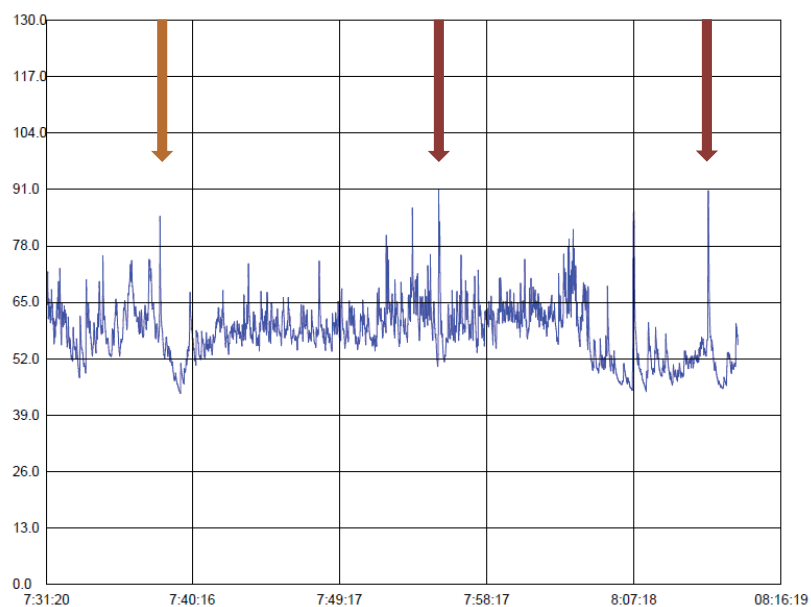
Medição 03 - 93,1 dB(A) - Aeronave Jato;

L_{Amax} = 93,5 dB(A);

L_{Amin} = 55,7 dB(A);

L_{Aeq} = 67,86 dB(A).

Figura 26 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 2



Tipos de aeronave:

↓ Monomotor ↓ Bimotor ↓ Jato

Fonte: O autor (2022).

Resultados:

Medição 01 - 84,8 dB(A) - Aeronave Monomotor;

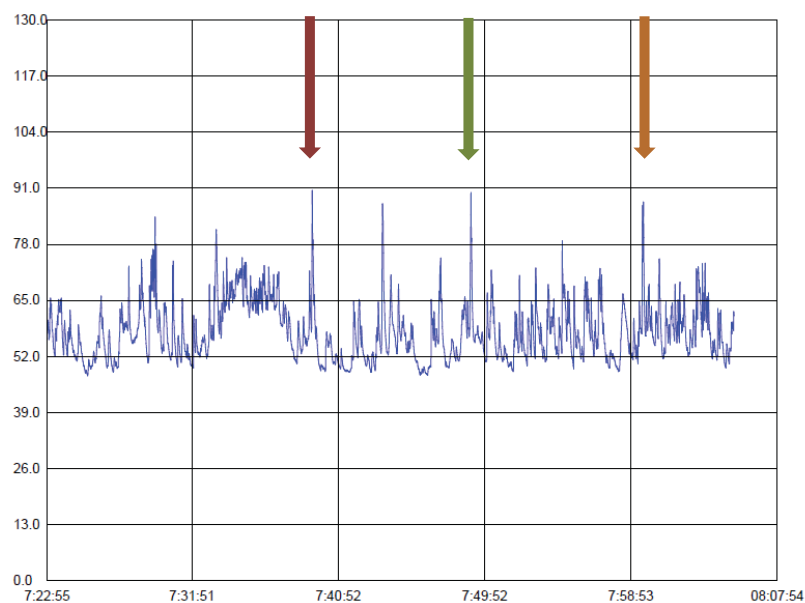
Medição 02 - 90,9 dB(A) - Aeronave Jato;

Medição 03 - 90,7 dB(A) - Aeronave Jato;

L_{Amax} = 90,9 dB(A);

L_{Amin} = 44,0 dB(A);

L_{Aeq} = 58,11 dB(A).

Figura 27 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 3

Tipos de aeronave:

↓ Monomotor ↓ Bimotor ↓ Jato

Fonte: O autor (2022).

Resultados:

Medição 01 – 90,5 dB(A) - Aeronave Jato;

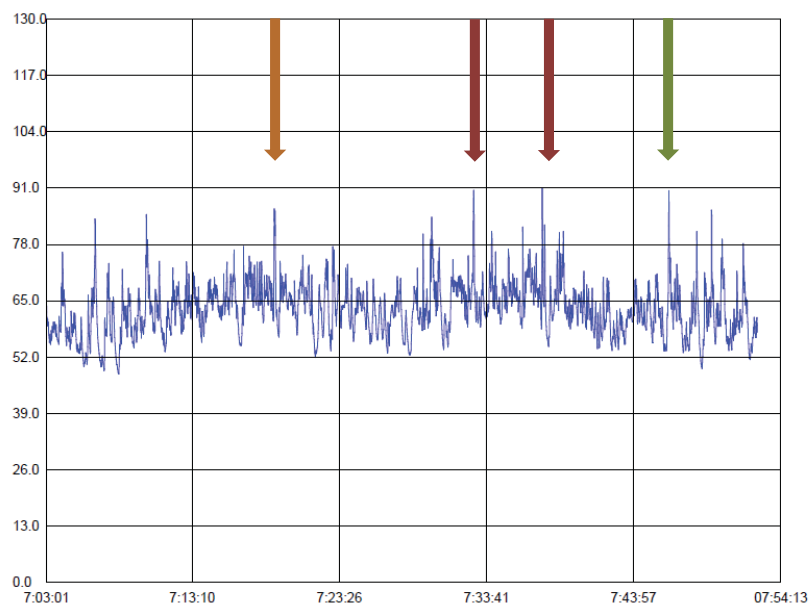
Medição 02 - 90,0 dB(A) - Aeronave Bimotor;

Medição 03 – 87,8 dB(A) - Aeronave Monomotor;

L_{Amax} = 90,5 dB(A);

L_{Amin} = 47,5 dB(A);

L_{Aeq} = 57,54 dB(A).

Figura 28 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 4

Tipos de aeronave:

↓ Monomotor
 ↓ Bimotor
 ↓ Jato

Fonte: O autor (2022).

Resultados:

Medição 01 - 86,2 dB(A) - Aeronave Monomotor;

Medição 02 - 90,5 dB(A) - Aeronave Jato;

Medição 03 - 91,1 dB(A) - Aeronave Jato;

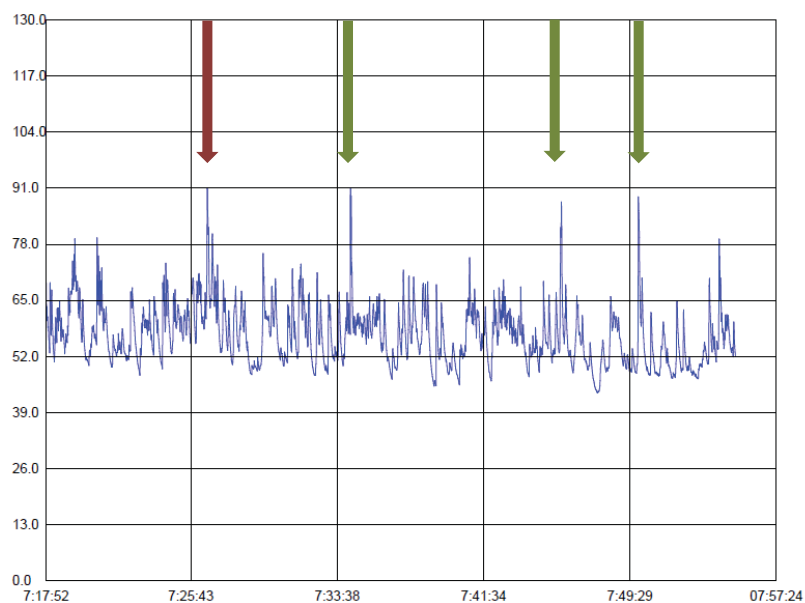
Medição 04 - 87,8 dB(A) - Aeronave Bimotor;

L_{Amax} = 91,1 dB(A);

L_{Amin} = 48,1 dB(A);

L_{Aeq} = 62,86 dB(A).

Figura 29 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 5



Tipos de aeronave:

Monomotor
 Bimotor
 Jato

Fonte: O autor (2022).

Resultados:

Medição 01 – 91,1 dB(A) - Aeronave Jato;

Medição 02 - 90,9 dB(A) - Aeronave Bimotor;

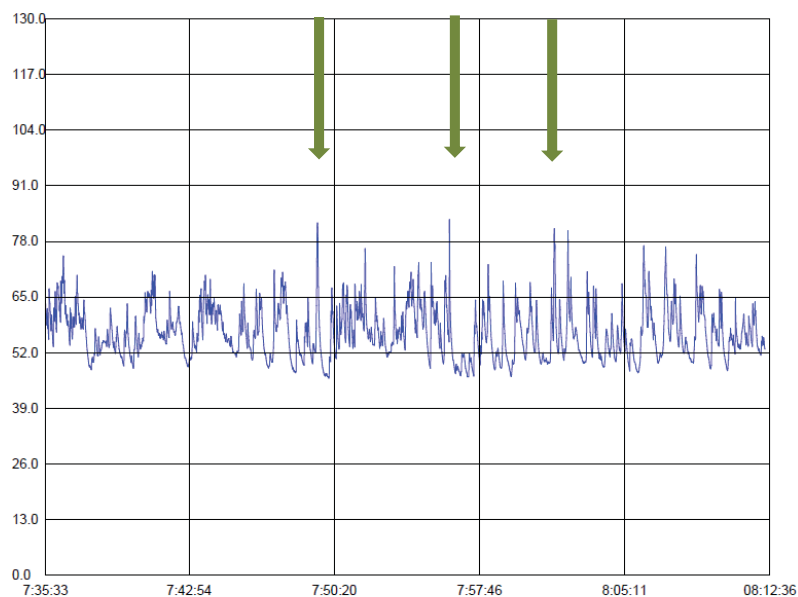
Medição 03 – 87,8 dB(A) - Aeronave Bimotor;

Medição 04 – 89,0 dB(A) - Aeronave Bimotor;

L_{Amax} = 91,1 dB(A);

L_{Amin} = 43,5 dB(A);

L_{Aeq} = 56,84 dB(A).

Figura 30 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 6

Tipos de aeronave:

↓ Monomotor
 ↓ Bimotor
 ↓ Jato

Fonte: O autor (2022).

Resultados:

Medição 01 - 82,3 dB(A) - Aeronave Bimotor;

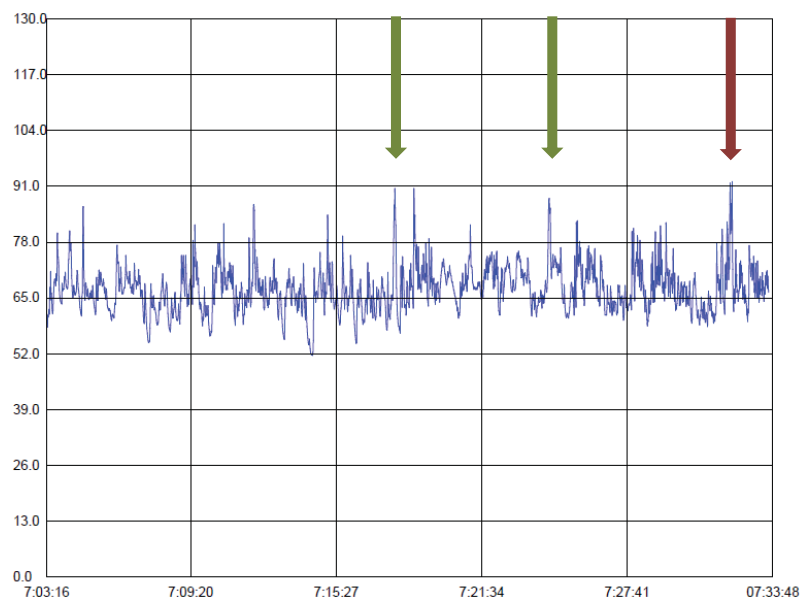
Medição 02 – 83,1 dB(A) - Aeronave Bimotor;

Medição 03 - 81,0 dB(A) - Aeronave Bimotor;

LAm_{ax} = 83,1 dB(A);

LAm_{in} = 46,0 dB(A);

L_{Aeq} = 56,56 dB(A).

Figura 31 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 7

Tipos de aeronave:

↓ Monomotor ↓ Bimotor ↓ Jato

Fonte: O autor (2022).

Resultados:

Medição 01 - 90,5 dB(A) - Aeronave Bimotor;

Medição 02 - 88,2 dB(A) - Aeronave Bimotor;

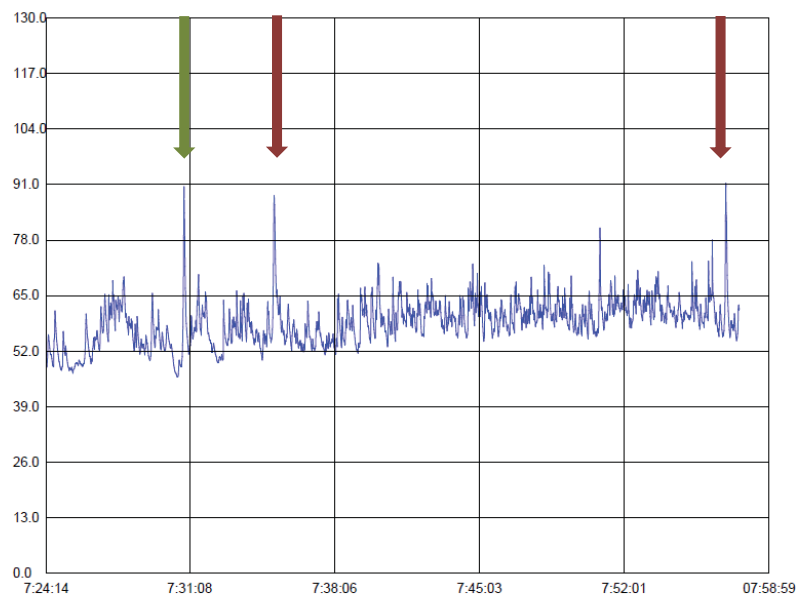
Medição 03 - 92,1 dB(A) - Aeronave Jato;

L_{Amax} = 92,1 dB(A);

L_{Amin} = 51,6 dB(A);

L_{Aeq} = 67,05 dB(A).

Figura 32 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 8



Tipos de aeronave:

↓ Monomotor
 ↓ Bimotor
 ↓ Jato

Fonte: O autor (2022).

Resultados:

Medição 01 - 90,5 dB(A) - Aeronave Bimotor;

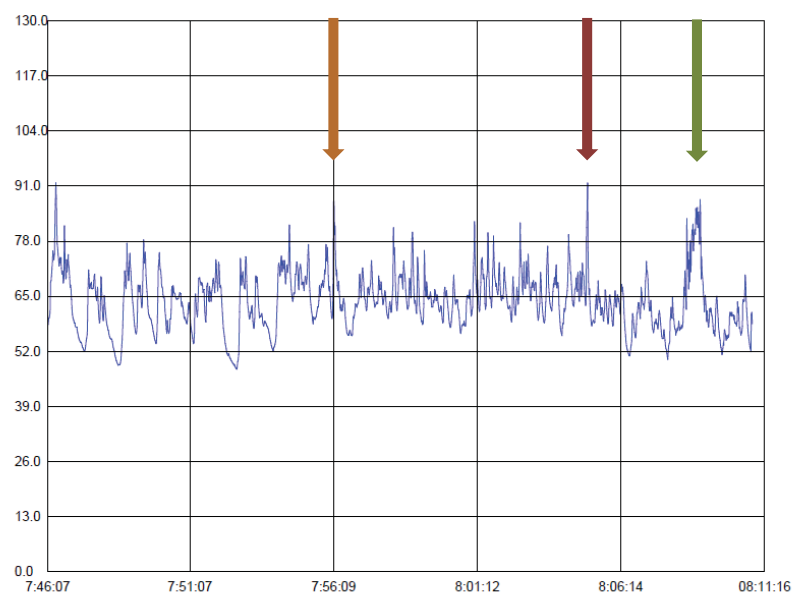
Medição 02 - 88,4 dB(A) - Aeronave Jato;

Medição 03 - 91,3 dB(A) - Aeronave Jato;

L_{Amax} = 91,3 dB(A);

L_{Amin} = 45,9 dB(A);

L_{Aeq} = 58,69 dB(A).

Figura 33 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 9

Tipos de aeronave:

↓ Monomotor ↓ Bimotor ↓ Jato

Fonte: O autor (2022).

Resultados:

Medição 01 - 87,4 dB(A) - Aeronave Monomotor;

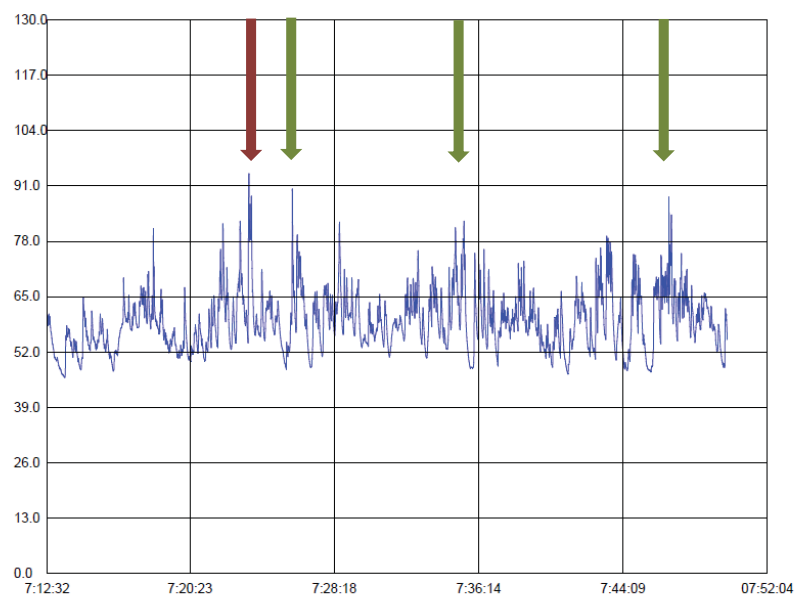
Medição 02 - 91,7 dB(A) - Aeronave Jato;

Medição 03 - 87,8 dB(A) - Aeronave Bimotor;

L_{Amax} = 91,7 dB(A);

L_{Amin} = 47,8 dB(A);

L_{Aeq} = 63,82 dB(A).

Figura 34 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 10

Tipos de aeronave:



Monomotor



Bimotor



Jato

Fonte: O autor (2022).

Resultados:

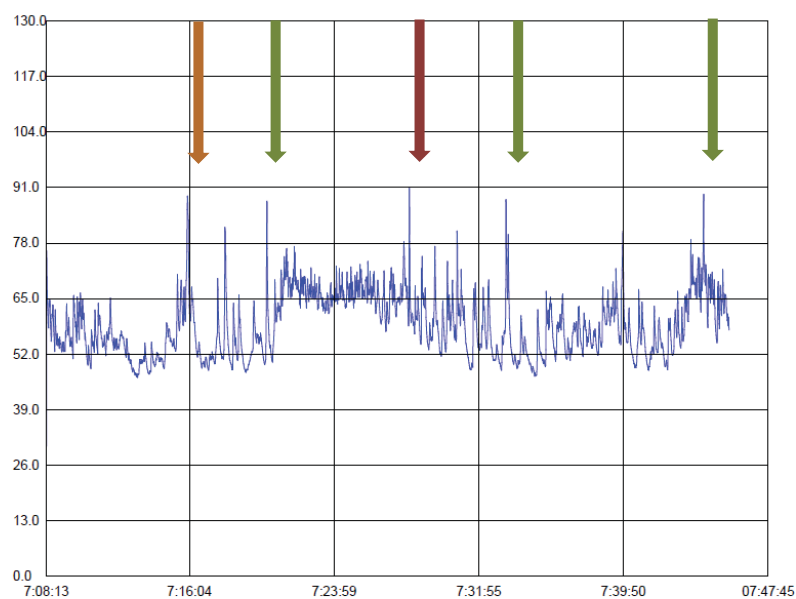
Medição 01 - 93,9 dB(A) - Aeronave Jato;

Medição 02 - 90,3 dB(A) - Aeronave Bimotor;

Medição 03 - 82,7 dB(A) - Aeronave Bimotor;

Medição 04 - 88,4 dB(A) - Aeronave Bimotor;

L_{Amax} = 93,9 dB(A);L_{Amin} = 46,0 dB(A);L_{Aeq} = 59,08 dB(A).

Figura 35 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 11

Tipos de aeronave:

↓ Monomotor
 ↓ Bimotor
 ↓ Jato

Fonte: O autor (2022).

Resultados:

Medição 01 - 89,0 dB(A) - Aeronave Monomotor;

Medição 02 - 87,8 dB(A) - Aeronave Bimotor;

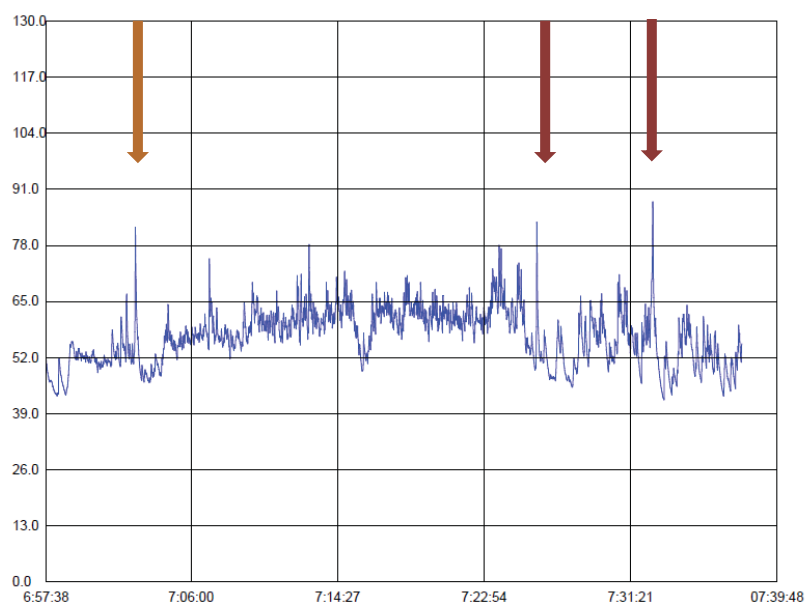
Medição 03 - 90,8 dB(A) - Aeronave Jato;

Medição 04 - 88,2 dB(A) - Aeronave Bimotor;

L_{Amax} = 90,8 dB(A);

L_{Amin} = 26,5 dB(A);

L_{Aeq} = 58,11 dB(A).

Figura 36 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 12

Tipos de aeronave:

↓ Monomotor ↓ Bimotor ↓ Jato

Fonte: O autor (2022).

Resultados:

Medição 01 - 82,2 dB(A) - Aeronave Monomotor;

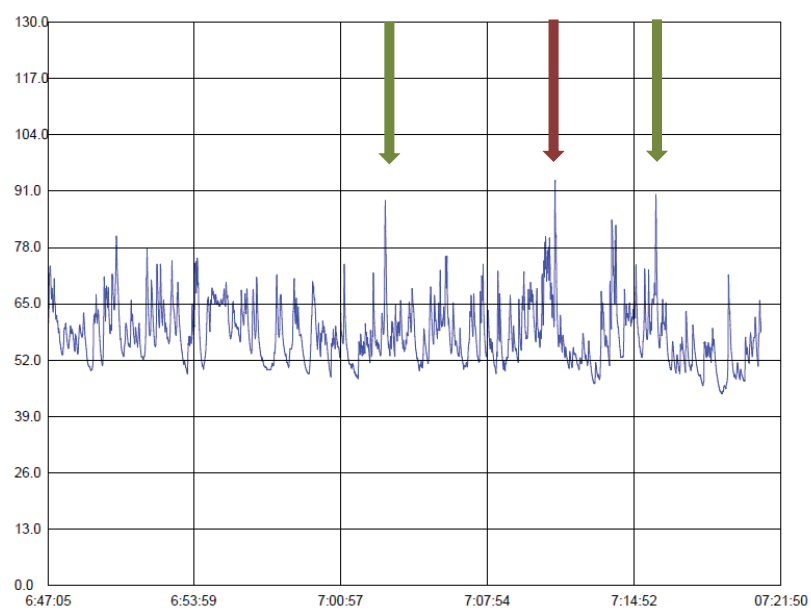
Medição 02 - 83,4 dB(A) - Aeronave Jato;

Medição 03 - 88,1 dB(A) - Aeronave Jato;

L_{Amax} = 88,1 dB(A);

L_{Amin} = 42,2 dB(A);

L_{Aeq} = 56,82 dB(A).

Figura 37 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 13

Tipos de aeronave:

↓ Monomotor ↓ Bimotor ↓ Jato

Fonte: O autor (2022).

Resultados:

Medição 01 - 82,7 dB(A) - Aeronave Bimotor;

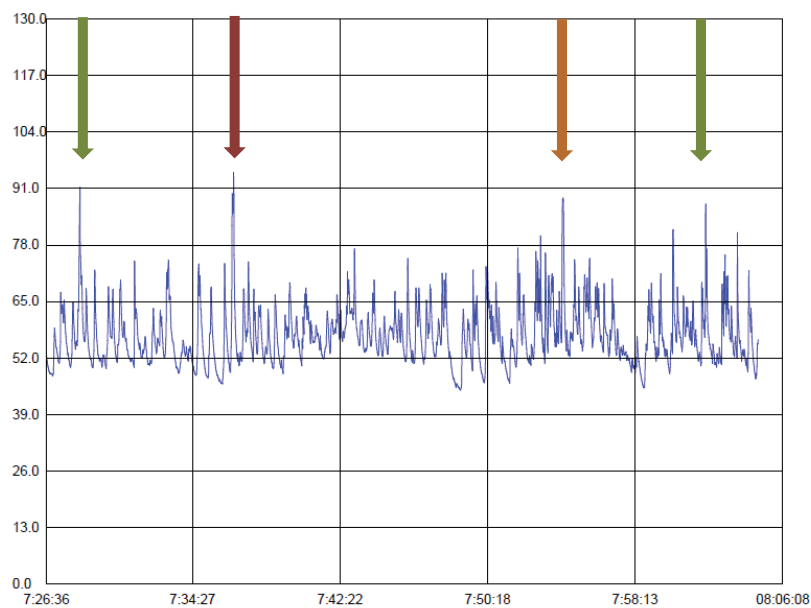
Medição 02 - 93,5 dB(A) - Aeronave Jato;

Medição 03 - 90,2 dB(A) - Aeronave Bimotor;

L_{Amax} = 93,5 dB(A);

L_{Amin} = 44,3 dB(A);

L_{Aeq} = 57,96 dB(A).

Figura 38 - Registro Da Medição Do Nível De Pressão Sonora No Ponto 14

Tipos de aeronave:

↓ Monomotor
 ↓ Bimotor
 ↓ Jato

Fonte: O autor (2022).

Resultados:

Medição 01 – 91,3 dB(A) - Aeronave Bimotor;

Medição 02 – 94,7 dB(A) - Aeronave Jato;

Medição 03 – 88,8 dB(A) - Aeronave Monomotor;

Medição 04 – 87,4 dB(A) - Aeronave Bimotor;

L_{Amax} = 94,7 dB(A);

L_{Amin} = 44,6 dB(A);

L_{Aeq} = 57,09 dB(A).

Tabela 16: Resumo Dos Registros Das Medições Do Nível De Pressão Sonora

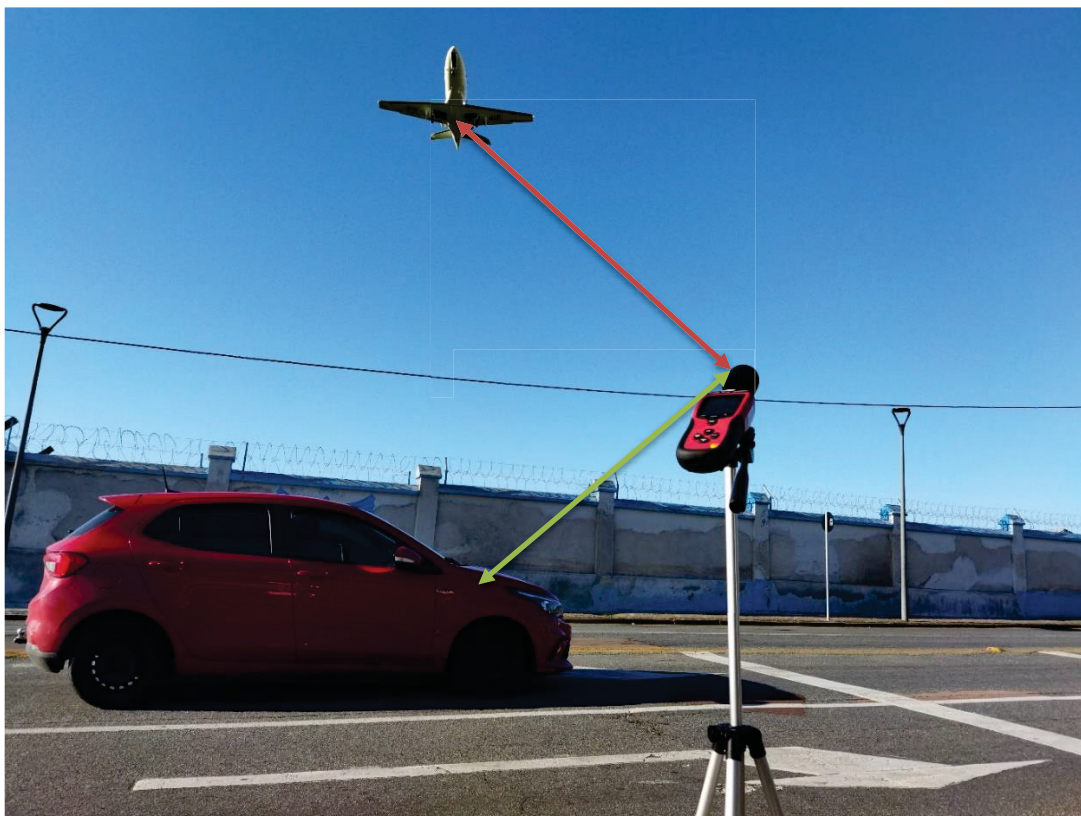
Ponto	Medição 01	Tipo de aeronave	Medição 02	Tipo de aeronave	Medição 03	Tipo de aeronave	Medição 04	Tipo de aeronave	LMax	LMin	LAeq
1	93,5 dB(A)	Bimotor	90,2 dB(A)	Jato	93,1 dB(A)	Jato	-	Jato	93,5 dB(A)	55,7 dB(A)	67,86 dB(A)
2	84,8 dB(A)	Monomotor	90,9 dB(A)	Jato	90,7 dB(A)	Jato	-	Jato	90,9 dB(A)	44,0 dB(A)	58,11 dB(A)
3	90,5 dB(A)	Jato	90,0 dB(A)	Bimotor	87,8 dB(A)	Monomotor	-	Monomotor	90,5 dB(A)	47,5 dB(A)	57,54 dB(A)
4	86,2 dB(A)	Monomotor	90,5 dB(A)	Jato	91,1 dB(A)	Jato	87,8 dB(A)	Jato	91,1 dB(A)	48,1 dB(A)	62,86 dB(A)
5	91,1 dB(A)	Jato	90,9 dB(A)	Bimotor	87,8 dB(A)	Bimotor	89,0 dB(A)	Bimotor	91,1 dB(A)	43,5 dB(A)	56,84 dB(A)
6	82,3 dB(A)	Bimotor	83,1 dB(A)	Bimotor	81,0 dB(A)	Bimotor	-	Bimotor	83,1 dB(A)	46,0 dB(A)	56,56 dB(A)
7	90,5 dB(A)	Bimotor	88,2 dB(A)	Bimotor	92,1 dB(A)	Bimotor	-	Jato	92,1 dB(A)	51,6 dB(A)	67,05 dB(A)
8	90,5 dB(A)	Bimotor	88,4 dB(A)	Jato	91,3 dB(A)	Jato	-	Jato	91,3 dB(A)	45,9 dB(A)	58,69 dB(A)
9	87,4 dB(A)	Monomotor	91,7 dB(A)	Jato	87,8 dB(A)	Jato	-	Bimotor	91,7 dB(A)	47,8 dB(A)	63,82 dB(A)
10	93,9 dB(A)	Jato	90,3 dB(A)	Bimotor	82,7 dB(A)	Bimotor	88,4 dB(A)	Bimotor	93,9 dB(A)	46,0 dB(A)	59,08 dB(A)
11	89,0 dB(A)	Monomotor	87,8 dB(A)	Bimotor	90,8 dB(A)	Bimotor	88,2 dB(A)	Jato	90,8 dB(A)	26,5 dB(A)	58,11 dB(A)
12	82,2 dB(A)	Monomotor	83,4 dB(A)	Jato	88,1 dB(A)	Jato	-	Jato	88,1 dB(A)	42,2 dB(A)	56,82 dB(A)
13	82,7 dB(A)	Bimotor	93,5 dB(A)	Jato	90,2 dB(A)	Bimotor	-	Bimotor	93,5 dB(A)	44,3 dB(A)	57,96 dB(A)
14	91,3 dB(A)	Bimotor	94,7 dB(A)	Jato	88,8 dB(A)	Monomotor	87,4 dB(A)	Monomotor	94,7 dB(A)	44,6 dB(A)	57,09 dB(A)

10. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Diante da observação em campo durante as medições, é possível observar que os pontos de medições 3, 4, 8, 9, 12 e 13 foram locados próximo às avenidas de grande fluxo de automóveis em relação aos pontos 1, 2, 5, 6, 7, 10, 11 e 14. Tal fato foi comprovado diante da diferença de LAeq entre os dois grupos de ponto de medição. É possível observar não haver diferenças significativas dos resultados entre os pontos de medição posicionados na linha da rota de voo das aeronaves e dos pontos de medição paralelos à linha da rota de voo, dessa forma é possível verificar que todos os pontos de medições pertencem à mesma área das curvas isofônicas.

É possível identificar que alguns níveis de pressão sonora ambientais são muito próximos aos Níveis de Pressão Sonora das aeronaves, e tal situação é explicada devido à proximidade da fonte sonora. Quanto menor a distância entre a fonte sonora e o equipamento receptor do ruído, maior será o Nível de pressão sonora captado. Essa situação demonstra que mesmo o equipamento estando com a distância superior das aeronaves em relação aos automóveis, o Nível de Pressão sonora ainda é maior que fontes rodoviárias de ruído. Portanto, mesmo que as duas fontes de ruído apresentem o mesmo nível de pressão sonora na leitura do equipamento, as fontes não apresentam a mesma distância até o aparelho. Para efeito de percepção de incômodo do ruído, não se pode realizar comparações.

Figura 39 - Medição Próximo À Cabeceira – Ponto De Medição 3



Em uma situação hipotética descrita na Figura 40 com duas fontes sonoras, aeronave e automóvel, podemos ter uma distância entre aeronave e o equipamento de medição diferente da distância entre o automóvel e o equipamento, e os Níveis de pressão Sonora das fontes serem iguais. Tal situação justifica que os níveis de pressão sonora do ambiente possam apresentar valores próximo aos dos níveis de pressão sonora medidos no momento da decolagem ou pouso das aeronaves. Dessa forma, uma aeronave apresentará incômodo a um maior grupo de indivíduos em relação ao automóvel.

Como as medições tiveram o maior foco nas medições pontuais do ruído aeroviário, os níveis de pressão sonora das fontes rodoviárias não interferiram na análise do presente trabalho.

Conforme a Lei 9800/2000, a qual dispõe sobre o zoneamento urbano da cidade de Curitiba, o aeroporto pertence à Zona Especial Militar (ZE-M). Os pontos de medição estão inseridos em Zonas ZT-LV, SE-LV, ZR-4, SE, as quais têm seu limite 65 (dB(A)) para o período diurno. Em todos os pontos de medição, os níveis de pressão sonora foram superiores aos estabelecidos pela legislação municipal. O

zoneamento do aeroporto e suas comunidades anexas podem ser observados na Figura 41.

Figura 40 - Zoneamento Urbano Ao Redor Do Aeroporto Bacacheri Conforme Lei Municipal 9800/2000



FONTE: Lei 9800/2000 (2000).

Os limites de ruído permitido conforme a legislação municipal 16.625/2002 para as zonas ao redor do aeroporto podem ser observados na Tabela 16.

Tabela 17: Limites De Ruído Conforme Zoneamento Ao Redor Do Aeroporto Bacacheri

Zona	Limite diurno (dB(A))
ZR-1, ZR-2, ZR-3	55
ZE-M	60
ZT-LV, SE-LV, ZR-4, SE	65

Fonte: adaptado da Lei 16.625/2002 (2002).

Tendo em vista que os níveis de pressão sonora encontrados nos pontos de medições se apresentaram acima dos limites da legislação vigente, ficam validados os resultados a respeito dos níveis de incômodo do ruído aeroviário na população.

11. MEDIDAS MITIGADORAS

Os resultados obtidos na primeira fase do trabalho demonstraram a existência de poluição sonora, a qual impacta negativamente uma grande população no entorno do Aeroporto Bacacheri. Conforme os resultados da avaliação objetiva, recomenda-se a aplicação de mecanismos de gestão de controle e redução de ruído.

O conceito primário para combater qualquer ruído é neutralizar a sua fonte e, diante da impossibilidade, são adotadas medidas para proteger o receptor.

Como forma de reduzir o ruído aeroviário no entorno do Aeroporto do Bacacheri ou para minimizar os efeitos da poluição sonora, são propostas as seguintes medidas mitigadoras:

- Fornecimento por parte do Aeroporto de janelas e materiais acústicos para as residências no seu entorno visto que o fornecimento desse material por parte da instituição que detém as fontes causadoras de ruído visaria proteger o receptor;

- Protocolos de decolagens e pouso que possam diminuir o ruído produzido pelas aeronaves. Gagliardi (2018) avaliaram procedimentos operacionais que podem ser aplicados pelo piloto durante a decolagem para reduzir ruído;

- Monitoramento constante dos ruídos ambientais no entorno do aeroporto;

- Construção de centro de lazer e convivência para redução dos níveis de irritabilidade provocados pelo ruído aeroviário;

- Monitoramento e ciência à população em tempo real dos Níveis de Pressão Sonora provocados pelo ruído aeroviário;

- Realizar campanhas visando à informação sobre a poluição sonora provocada pelo ruído aeroviário;

- Incentivos fiscais aos moradores que realizarem adequações em suas residências visando minimizar a poluição sonora em suas residências;

- Fiscalização periódica dos níveis de pressão sonora por agentes fiscalizadores.

12. CONCLUSÕES

O presente trabalho avaliou de forma perceptiva e objetiva o ruído aeroviário no entorno do Aeroporto do Bacacheri. O estudo teve enfoque na região residencial do bairro Bacacheri, local onde entrevistados residem e buscam um ambiente com níveis de pressão sonora adequados para a moradia.

Para a avaliação perceptiva, foi realizada inicialmente a caracterização da área de estudo, levantando informações para elaboração de questionários, e na sequência foram conduzidas entrevistas com a população do entorno do aeroporto. Com os resultados em mãos, foi possível traçar perfis quanto ao nível de desconforto provocado pelo ruído, dias e horários da semana com maior incidência de ruído segundo os moradores.

O grupo de 162 pessoas entrevistadas teve como perfil pessoas adultas, homens e mulheres que moram no entorno do aeroporto.

Em uma das perguntas do questionário, foi medido o nível de desconforto causado pelo ruído ambiental. Para quantificar o nível de incômodo, foi usada uma escala progressiva de 1 até 5, cujo resultado demonstrou que 86,4% dos entrevistados sentem algum incômodo, e isso mostra o quanto o ruído afeta os moradores.

Os ruídos mais citados pelos entrevistados foram provenientes das fontes sonoras rodoviárias, aeroviárias, dos animais e vizinhos. O resultado reflete a realidade identificada in-loco durante as medições e a condição em um ambiente urbano residencial.

Os sintomas gerados pelo ruído mais citados foram irritação, insônia e dores de cabeça. Cerca de 76,5% dos entrevistados relataram alguma queixa, sendo o sintoma mais comum a irritação com índice de 63% dos entrevistados. Quando associados os três sintomas, irritação, insônia e dores de cabeça representam 12,9% dos entrevistados.

Comparando os resultados do presente trabalho com estudos anteriores, é possível verificar que o ruído aeroviário se mantém como uma das maiores fontes geradoras da poluição sonora no bairro, e que o horário no qual foram realizadas as medições, das 06 às 08h, continua sendo um dos mais críticos. Quando questionado para o entrevistado do horário mencionado qual fonte sonora é a maior responsável pelo incômodo, 28,4% consideraram ruído rodoviário, e em segundo lugar, 25,3% consideraram o ruído aeroviário. Atualmente o horário das 18h às 20h é o que

apresenta maiores queixas, e uma das justificativas para tal resultado é a provável circulação de muitas motocicletas na região por causa do serviço de delivery. Destaca-se que esses horários mais críticos são no início da manhã e final de tarde, horário em que as pessoas estão em suas residências.

No quesito que verificou a opinião se o ruído ambiental pode levar à desvalorização de seus imóveis, cerca de 50% das pessoas entendem que isso é uma realidade. O resultado reflete a ótica de um possível vendedor de imóvel com experiência do convívio com o ruído ambiental do bairro, e caso tal quesito fosse aplicado a um possível comprador, o resultado poderia ser maior.

Na segunda fase do trabalho, o procedimento adotado foi o mapeamento de pontos de medição do ruído aeroviário e quantificação dos níveis de pressão sonora no momento dos pousos e decolagem das aeronaves.

Os resultados das medições mostraram que, nos pontos de medição próximo de grandes avenidas, os níveis de pressão sonora ambiental provocados pelo ruído rodoviário se aproximam dos limites de tolerância da legislação municipal. Também é possível verificar que quando comparado ao ruído aeroviário, o ruído rodoviário tem menor área de abrangência.

Conforme a coleta de dados, não houve variações significativas dos níveis de pressão sonora durante as medições. Nos 14 pontos medidos, 100% das aeronaves que participaram do estudo apresentaram níveis de pressão sonora superiores ao limite de tolerância. É possível observar que, independentemente do tipo de aeronave que operam no aeroporto, Jatos, Monomotores ou Bimotores, os valores das medições dos níveis de pressão sonora no momento do voo apresentam diferenças menores que 5,00 dB(A).

Apesar de o ruído das aeronaves acima dos limites da legislação ser por um tempo reduzido, inferior a 10 segundos, o nível de pressão sonora é incomodativo. Tal fato pode ser justificado pelo fato de que ruídos intermitentes e abruptos podem parecer mais evidentes que os contínuos.

O presente trabalho permitiu identificar que há níveis de pressão sonora acima do permitido pela legislação em vigor, portanto, é possível validar que os sintomas de irritabilidade, insônia e dores de cabeça relatados pelos moradores entrevistados são provenientes do ruído aeroviário.

A identificação e caracterização do ruído aeroviário nos receptores, evidenciando fatores de incômodo, auxiliam na compreensão do impacto da poluição

sonora nos moradores. Considerando os poucos monitoramentos da poluição sonora do ruído aeroviário e a falta de fiscalização para atender à legislação vigente, o presente trabalho tem grande valia para relatar o histórico científico da poluição sonora e para impulsionar a busca por medidas de atenuação do ruído aeroviário.

A criação de leis atribuindo a responsabilidade de execução de medidas por parte do aeroporto, a conscientização da existência da poluição sonora e a cooperação entre o poder público e autoridades setoriais podem viabilizar a minimização do ruído aeroviário e os seus efeitos na saúde da população.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 11415** – Ruído aeronáutico. Rio de Janeiro. 1990.
- ABNT. **NBR 13368** – Ruído gerado por aeronaves: monitoração. Rio de Janeiro. 1995.
- ABNT. **NBR-10151**: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas – aplicação de uso geral. 2 ed. 2019.
- ALETTA, F.; OBERMAN, T.; MITCHELL, A.; TONG, H.; KANG, J. Assessing the changing urban sound environment during the COVID-19 lockdown period using short-term acoustic measurements. **Noise Mapping**, v. 7, n. 1, p. 123–134, 2020.
- ALETTA, F.; OSBORN, D. The COVID-19 global challenge and its implications for the environment – what we are learning. **UCL Open Environment**, v. 2, n. 1, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14324/111.444/ucloe.000008>. Acesso em: 31 mar. 2021.
- ALONSO, G.; BENITO, A.; BOTO, L. The efficiency of noise mitigation measures at European airports. **Transportation Research Procedia**, v. 25, p. 103–135, 2017.
- ALVES, Cláudio J. P. **Avaliação de impactos**. São José dos Campos: ITA, Notas de Aula. 2003.
- ANDARANI, Pertiwi et al. Desenvolvimento de Mapeamento de Ruído Aeroportuário com Software Matlab (Estudo de Caso: Aeroporto Adi Soemarmo–Boyolali, Indonésia). In: E3S Web de Conferências. EDP Ciências, 2018. p. 12007.
- ANDRADE, E. de lima; LIMA, E.; SILVA, D.; ZANNIN, P.; MARTINS, A. Influência da pandemia de COVID-19 no ruído ambiental no entorno de um hospital público em Sorocaba, São Paulo, Brasil. In: 2020, **Anais [...]**. [S. l.: s. n.].
- AMORIM, Adriana Eloá Bento. **Formas geométricas e qualidade acústica de salas de aula: estudo de caso em Campinas-SP**. Dissertação de mestrado para Universidade Estadual de Campinas Faculdade de engenharia civil, arquitetura e urbanismo, 2007.
- APARICIO-RAMON, D.V.; MORALEZ SUAREZ-VARELA, M.M.; GARCIA GARCIA, A.; LLOPIS GONZALEZ, A.; RUANOL; SANCHEZ, AM; FERRER CARACO, E. **Subjective annoyance caused by environmental noise**. J. Environ Pathol Toxicol Oncol. 1993; 12 (4): p. 237-43.
- ASENSIO, C., AUSEJO, M., JAMBROSIC, K., KANG, J., MOSCHIONI, G., PAGÁN, R., RECUERO, M. Monitoramento de ruído de aeronaves de acordo com a ISO 20906: Avaliação da incerteza derivada dos fatores humanos que afetam a detecção de eventos. **Acústica aplicad**, v. 73, n. 1, pág. 1-11, 2012.
- ASENSIO C, RECUERO M, RUIZ M, AUSEJO M, PAVÓN I. Self-adaptive grids for noise mapping refinement. **Applied Acoustics**, v. 72, p. 599–610, 2011.

ASSENIO, C.; GASCO, L.; DE ARCAS, G. Uma revisão de medidas não acústicas para lidar com a resposta da comunidade ao ruído ao redor dos aeroportos. **Relatórios Atuais de Poluição**, v. 3, n. 3, pág. 230-244, 2017.

BABISCH W. **Cardiovascular effects of noise**. Noise Health 2011. 13: p 201-204.

BARBOSA, A. R. **Influência do ruído aeronáutico na população que reside nas imediações da base aérea de Santa Maria**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

BASU, B.; MURPHY, E.; MOLTER, A.; SARKAR BASU, A.; SANNIGRAHI, S.; BELMONTE, M.; PILLA, F. Investigating changes in noise pollution due to the COVID-19 lockdown: The case of Dublin, Ireland. **Sustainable Cities and Society**, v. 65, p. 102597, 2021.

BAUDIN, C., LEFEVRE, M., BABISCH, W., CADUM, E., CHAMPELOVIER, P., DIMAKOPOULOU, K., EVRARD, A. S, Clémence et al. The role of aircraft noise annoyance and noise sensitivity in the association between aircraft noise levels and hypertension risk: Results of a pooled analysis from seven European countries. **Environmental Research**, v. 191, p. 110179, 2020.

BELOJEVIC´; JAKOVLEVIC´, B. **Subjective Reactions for Traffic Noise with Regard to some Personality Traits**. Environmental International 1997; 23: p. 221-226.

Bies, DA e Hansen, CH (1996). **Controle de ruído de engenharia: teoria e prática**, 2ª ed., Londres: E. & FN Spon.

Bies, D.A. and Hansen, C.H. (1996). **Engineering noise control: theory and practice**, 2nd edn., London: E. & F.N. Spon.

BLAIS, J.-F.; CAMIER, C.; PATENAUDE-DUFOUR, M.; LAPOINTE, R.; PROVENCHER, J.; PADOIS, T.; GAUTHIER, P.-A.; BERRY, A. Fly-over aircraft noise measurement campaign at Montreal-Trudeau airport using a microphone array. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 133, n. 5, p. 3525–3525, 2013.

BORGES FILHO, O.; RIBAS, A.; GONÇALVES, C.; LACERDA, A.; RIESEMBERG, R.; KLAGENBERG, K. Perception of Noise Pollution in a Youth and Adults School in Curitiba-PR. **International Archives of Otorhinolaryngology**, v. 21, n. 04, p. 313–317, 2017.

BRASIL. **Lei 6.938** de 31 de agosto de 1981: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. 1981.

BRAUBACH, M.; JACOBS, D. E.; ORMANDY, D. Environmental burden of disease associated with inadequate housing. **Summary report**. 2011.

BRAUBACH, Matthias et al. Carga ambiental da doença associada à habitação inadequada: Um guia de método para a quantificação dos efeitos na saúde de riscos habitacionais selecionados na Região Europeia da OMS. 2011.

CARVALHO JR, E. B. de. **Quantificação do incômodo gerado pelo ruído aeronáutico por meio de modelos dose-resposta**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Brasília, 2015.

CORSETTI SILVA, G.; E SOUZA, D.; ZANNIN, P. Annoyance caused by aircraft noise in the proximities of Bacacheri Airport. In: XXVII CONGRESSO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA MECÂNICA 2021, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: [s. n.], 2021.

DE OLIVEIRA NUNES, Maria Fernanda; SATTLER, Miguel Aloysio. Percepção do ruído aeronáutico em escolas da zona I do PEZR do Aeroporto Internacional Salgado Filho. **Engevista**, 2004.

DE OLIVEIRA NUNES, Maria Fernanda; SATTLER, Miguel Aloysio. Percepção e incômodo de ruído de aeronaves em escolas próximas ao Aeroporto Internacional Salgado Filho, Brasil. **Acústica da Construção**, v. 13, n. 2, pág. 159-172, 2006.

DHAR, M.; BINU, V.; MAYYA, S. Some basic aspects of statistical methods and sample size determination in health science research. **AYU (An International Quarterly Journal of Research in Ayurveda)**, v. 35, n. 2, p. 119, 2014.

ELMEHDI, H. M. **Noise Annoyance Assessment near Dubai Airport**. The Acoustical Society of Japan. University of Sharjah. United Arab Emirates. 2012, Vol. 1, p. 33.

ENMARKER, Ingela; BOMAN, Eva. Respostas de incômodo ao ruído de alunos e professores do ensino médio. **Revista de Psicologia Ambiental**, v. 24, n. 4, pág. 527-536, 2004.

EVEREST, F. A.; POHLMANN, K. C. **Master Handbook of Acoustics**, 5 ed. cGraw-Hill 2009.

FISHER, G.; WISNESKI, J. E.; BAKKER, R. M. Hypothesis Testing. In: FISHER, G.; WISNESKI, J. E.; BAKKER, R. M. **Strategy in 3D**. [S. l.]: Oxford University Press, 2020. p. 130–137.

FLORES, R., GAGLIARDI, P., ASENSIO, C., & LICITRA, G., Um estudo de caso da influência da morfologia urbana no ruído de aeronaves. **Acoustics Australia**, v. 45, n. 2, pág. 389-401, 2017.

GERGES, S. N. Y. **Ruído: Fundamentos e Controle**. 2 ed. Florianópolis, 2000.

GEROLYMATOU, G.; RÉMY, N.; VOGIATZIS, K.; ZAFIROPOULOU, V. Assessing Health Effects and Soundscape Analysis as New Mitigation Actions Concerning the Aircraft Noise Impact in Small- and Middle-Size Urban Areas in Greece. **Environments**, v. 6, n. 1, p. 4, 2019.

GIFFORD, Robert. Educacional Environmental Psychology. In: GIFFORD, R. **Environmental Psychology**: principles and practice. USA: Published by Allyne Bacon, 1998.

GIOVANELLI NETO, Antonio. **Análise do ruído aeronáutico no entorno do aeroporto de São José dos Campos**. 2010.

GRAHAM, W. R.; HALL, C. A.; VERA MORALES, M. The potential of future aircraft technology for noise and pollutant emissions reduction. **Transport Policy**, v. 34, p. 36–51, 2014.

GUSKI, R. **Personal and social variables as co-determinants of noise annoyance**. Noise and Health. Alemanha, 1999. 45-56 p.

HARTONO, J. EKOSAINS, v. II (3), p. 43–50, 2010.

HANSELL, A. L. *et al.* Aircraft noise and cardiovascular disease near Heathrow airport in London: small area study. **BMJ**, v. 347, n. oct08 3, p. f5432–f5432, 2013.

HANSEN, C. H. Fundamentals of acoustics. **Proceedings of the IEEE**, v. 51, n. 4, p. 647–647, 1963.

JARUP L., DUDLEY ML., BABISCH W., HOUTHUIJS D., SWART W., PERSHAGEN G., BLUHM G., KATSOUYANNI K., VELONA-KIS M., CADUM E. E VIGNA-TAGLIANTI F. **Hypertension and Exposure to Noise near Airports (HYENA): Study Design and Noise Exposure Assessment**. Environmental Health Perspectives. n. 113, p. 1473-1478, 2005.

KALTENBACH, Martin; MASCHKE, Christian; KLINKE, Rainer. Gesundheitliche Auswirkungen von Fluglärm. **Dtsch Arztebl**, v. 105, n. 31-32, p. 548-56, 2008.

KRYTER, K. D. **The effects of noise on man**. New York, NY: Acad. Press, 1970. (Environmental sciences).

LECOCQ, T. *et al.* Global quieting of high-frequency seismic noise due to COVID-19 pandemic lockdown measures. **Science**, v. 369, n. 6509, p. 1338–1343, 2020.

LEI N° 10.625. **Legislação Municipal da Prefeitura Municipal de Curitiba**. Câmara Municipal de Curitiba, Curitiba, p.1–11, 2002.

LICITRA, G.; GAGLIARDI, P.; FREDIANELLI, L.; SIMONETTI, D. Noise mitigation action plan of Pisa civil and military airport and its effects on people exposure. **Applied Acoustics**, v. 84, p. 25–36, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.02.020>.

LIM, C., KIM, J., LEE S. Effect of background noise levels on community annoyance from aircraft noise. **Journal of the Acoustical Society of America**. 2008.

MATSUI, T.; UEHARA, T.; MIYAKITA, T.; HIRAMATSU, K.; OSADA, Y.; YAMAMOTO, T. The Okinawa study: effects of chronic aircraft noise on blood pressure and some other physiological indices. **Journal of Sound and Vibration**, 277, 469-470, 2004.

MAXWELL, Lorraine E.; EVANS, Gary W. Os efeitos do ruído nas habilidades de pré-leitura de crianças pré-escolares. **Revista de Psicologia Ambiental**, v. 20, n. 1, pág. 91-97, 2000.

MELAS, D.; MELASOVÁ, K. The Early Impact of Covid-19 Pandemic on the Aviation Industry. **Acta Avionica Journal**, p. 38–44, 2020.

MERINO-MARTÍNEZ, Roberto; SNELLEN, Mirjam; SIMONS, Dick G. Beamforming funcional aplicado à imagem de ruído de sobrevoos em aeronaves de pouso. **Journal of Aircraft**, v. 53, n. 6, pág. 1830-1843, 2016.

MIEDEMA, H. M. E.; VOS, H. Exposure-response relationships for transportation noise. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 104, n. 6, p. 3432–3445, 1998.

MURPHY, E. KING, E.A. **Environmental Noise Pollution: Noise Mapping, Public Health and Policy**. Elsevier. San Diego, CA. 2014.

MUZET, A. **Aircraft noise and sleep**. Bonn:
NASCIMENTO, Maria do Socorro do et al. **O ruído no ambiente educacional: como os professores percebem este problema**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

NETO, Antonio Giovanelli. **Análise do ruído aeronáutico no entorno do aeroporto de São José dos Campos**. 2010. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2010.

NUNES, Maria Fernanda de Oliveira; SATTLER, Miguel Aloysio. Evaluation of aircraft noise perception in schools: study in Zona I of PZER of Salgado Filho International Airport. In: **INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings**. Institute of Noise Control Engineering, 2005. p. 1272-1284.

PAVIOTTI, M.; VOGIATZIS, K. On the outdoor annoyance from scooter and motorbike noise in the urban environment. **Science of The Total Environment**, v. 430, p. 223–230, 2012.

PHUN, Veng Kheang et al. Análise da sensibilidade ao ruído de aeronaves em um aeroporto urbano usando o conceito de nível de ruído de referência. **Estudos de Transporte Asiático**, v. 3, n. 3, pág. 345-361, 2015.

PAZ, E. C. DA; ZANNIN, P. H. T. Avaliação da poluição sonora no campus III – Campus Centro Politécnico e Campus Jardim Botânico - da Universidade Federal do Paraná - Curitiba-PR. Evaluation of noise pollution on Campus III- Polytechnic Center Campus and Botanic Garden Campus - UFPR (Periódico QUALIS 'A2')

Geografia, 'B1' Interdisciplinar, 'B2' Ciências Ambientais). **Revista RAEGA**, v. 26, p. 5–34, 2012.

RAPOZA, A. SUDDERTH, E. LEWIS, K. **The relationship between aircraft noise exposure and day-use visitor survey responses in backcountry areas of national parks**. Acoustical Society of America. 2015.

REIS, B.; SCHITTINI, G.; ZANNIN, P. H. T. AVALIAÇÃO DO RUÍDO RODOVIÁRIO NO CAMPUS CENTRO POLITÉCNICO E CÁLCULO DE MAPAS DE RUÍDO. *In*: XXVII CONGRESSO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA MECÂNICA2021, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: [s. n.], 2021.

Relatório sobre o método padrão de computação, **Contornos de ruído em torno de aeroportos civis**, Guia de Aplicativos Doc 29, 3ª edição: Volume 1, 2005.

ROCA-BARCELÓ, A., NARDOCCI, A., DE AGUIAR, BS, RIBEIRO, AG, FAILLA, MA, HANSELL, AL, ... & PIEL, FB, Aina et al. Risco de mortalidade cardiovascular, acidente vascular cerebral e mortalidade coronariana associada ao ruído de aeronaves no aeroporto de Congonhas, São Paulo, Brasil: um estudo de pequena área. **Saúde Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 1-14, 2021.

RUMPLER, R.; VENKATARAMAN, S.; GÖRANSSON, P. An observation of the impact of CoViD-19 recommendation measures monitored through urban noise levels in central Stockholm, Sweden. **Sustainable Cities and Society**, v. 63, p. 102469, 2020.

SANTOS, U. P. **Ruído: riscos e prevenção**. São Paulo: Hucitec, 1999. P.157

SCATOLINI, Fabio; ALVES, Cláudio Jorge Pinto. Análise do ruído de fundo no entorno de aeroportos urbanos em cidades brasileiras, Aeroporto de Congonhas, São Paulo. **Revista de Saúde Pública**, v. 50, 2016.

ŞENTOP DÜMEN, A.; ŞAHER, K. Noise annoyance during COVID-19 lockdown: A research of public opinion before and during the pandemic. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 148, n. 6, p. 3489–3496, 2020.

SINGHAL, R.; RANA, R. Chi-square test and its application in hypothesis testing. **Journal of the Practice of Cardiovascular Sciences**, v. 1, n. 1, p. 69, 2015.

SOAMES JOB, R F. **Noise sensitivity as a factor influencing human reaction to noise**. Noise Health 1999. p.57-68.

STANSFELD, SA, BERGLUND, B., CLARK, C., LOPEZ-BARRIO, I., FISCHER, P., ÖHRSTRÖM, E.; RANCH STUDY TEAM. et al. Ruído de aeronaves e tráfego rodoviário e cognição e saúde infantil: um estudo transnacional. **The Lancet**, v. 365, n. 9475, pág. 1942-1949, 2005.

SOBOTOVÁ, L.; JURKOVICOVÁ, J.; VOLEKOVÁ, J.; AGHOVÁ, L. Community noise annoyance risk in two surveys. **International journal of occupational medicine and environmental health**, v. 14, n. 2, p. 197–200, 2001.

TAUFNER, Mariani Dan. **Diagnóstico sonoro aeroportuário em unidades de ensino: estudo de caso do aeroporto de Vitória-ES**. Dissertação de mestrado para Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, arquitetura e urbanismo, 2018.

TAUFNER, Mariani Dan et al. Análise de métricas de ruído em escolas próximas a aeroportos: um estudo de caso brasileiro. **Mapeamento de ruído**, v. 7, n. 1, pág. 21-34, 2020.

VIDOVIĆ, Andrija; ŠTIMAC, Igor; ZEČEVIĆ-TADIĆ, Robert. Monitoramento de Ruído de Aeronaves em Função de Segurança de Voo e Determinação de Modelos de Aeronaves. **Journal of Advanced Transportation**, v. 2017, 2017.

VOGIATZIS, K.; ZAFIROPOULOU, V.; GEROLYMATOU, G.; DIMITRIOU, D.; HALKIAS, B.; PAPADIMITRIOU, A.; KONSTANTINIDIS, A. The noise climate at the time of SARS-CoV-2 VIRUS/COVID-19 disease in Athens – Greece: The case of Athens International Airport and the Athens Ring Road (Attiki Odos). **Noise Mapping**, v. 7, n. 1, p. 154–170, 2020.

ZANNIN PHT; DINIZ, FB. **Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil, 2002**. *Applied Acoustics* 2002; 63: p. 351-358.

ZANNIN, P.H.T.; CALIXTO A.; DINIZ, F.B.; FERREIRA, J.A. **A Survey of Urban Noise Annoyance in a Large Brazilian City: The Importance of a Subjective Analysis in conjunction with an Objective Analysis, 2003**. *Environmental Impact Assessment Review* 2003; 23: 245-255.

ZANNIN, Paulo H. T.; LACERDA, A. B. M.; MAGNI, C.; MORATA, T.C.; MARQUES, J. M. Ambiente urbano e percepção da poluição sonora. **Ambiente & Sociedade**. v. 8, n. 2, Curitiba, 2005.

ZANNIN, P. H. T.; SANT'ANA, D. Q.. Noise mapping at different stages of a freeway redevelopment project - A case study in Brazil. **Applied Acoustics**, v. 72, n. 8, p. 479–486, 2011.

ZANNIN, P.H.T., BUNN F. Noise annoyance through railway traffic – a case study. **Journal of Environment Health Sciences & Engineering**. 2014.

WHO – World Health Organization. **Guidelines for Community Noise**. Geneva, 1999.

WHO – World Health Organization. **Guidelines for Community Noise**. Geneva, 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Résumé D'orientation Des Directives De l'oms Relatives Au Bruit Dans l'environnemental [documentos on line] 2003.

