

ERIK DE LIMA ANDRADE

**DIAGNÓSTICO DO RUÍDO EM AMBIENTES INTERNOS E EXTERNOS DE
HOSPITAIS DO MUNICÍPIO DE SOROCABA (SP)**

Sorocaba

2022

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*



unesp
Sorocaba

ERIK DE LIMA ANDRADE

**DIAGNÓSTICO DO RUÍDO EM AMBIENTES INTERNOS E EXTERNOS DE
HOSPITAIS DO MUNICÍPIO DE SOROCABA (SP)**

Tese apresentada como requisito para a obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” na Área de Concentração Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva

Coorientador: Prof. Dr. Antônio Cesar Germano Martins

Coorientador: Prof. Dr.-Ing. Paulo Henrique Trombetta Zannin

Sorocaba

2022

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

ciências
ambientais



unesp
Sorocaba

A553d	Andrade, Erik de Lima Diagnóstico do ruído em ambientes internos e externos de hospitais do município de Sorocaba (SP) / Erik de Lima Andrade. -- Sorocaba, 2022 87 p. : il., tabs., mapas Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba Orientador: Darllan Collins da Cunha e Silva Coorientador: Antônio Cesar Germano Martins 1. Acústica ambiental. 2. Ruído. 3. Poluição sonora. 4. Mapa de ruído. 5. Saúde pública. I. Título.
-------	---

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Diagnóstico do ruído em ambientes internos e externos de hospitais do município de Sorocaba (SP)

AUTOR: ERIK DE LIMA ANDRADE

ORIENTADOR: DARLLAN COLLINS DA CUNHA E SILVA

COORDENADOR: PAULO HENRIQUE TROMBETTA ZANNIN

COORDENADOR: ANTONIO CESAR GERMANO MARTINS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em CIÊNCIAS AMBIENTAIS,
área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. DARLLAN COLLINS DA CUNHA E SILVA (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Ambiental / Unesp ICT Sorocaba

Prof. Dr. KARINA MARY DE PAIVA (Participação Virtual)
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)



Documento assinado digitalmente

Karina Mary de Paiva Vianna
Data: 19/07/2022 13:17:29-0300

CPF: 050.001.626-76

Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. PAULO SERGIO TONELLO (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Ambiental / Instituto de Ciência e Tecnologia UNESP Sorocaba

Pós-doutorando LUIS ARMANDO DE ORO ARENAS (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia de Controle e Automação / Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Sorocaba - ICTS

Jocy Ana Paixão de Sousa
D^{ra}. JOCY ANA PAIXÃO DE SOUSA (Participação Virtual)
Secretaria de Meio Ambiente e Ordenamento Urbano

Sorocaba, 19 de julho de 2022

*Dedico este trabalho aos meus pais, a minha
esposa e a minha filha amada.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus pela saúde e sabedoria para enfrentar os desafios do dia a dia, principalmente no período de desenvolvimento do presente trabalho.

Aos meus pais pelo amor e por sempre me apoiarem nas minhas decisões.

A minha esposa Eligelcy por todo amor, apoio e paciência nas minhas ausências e por ter nos dado nosso maior presente no decorrer da minha tese, nossa filha Érika, amo vocês.

A todos os cientistas e profissionais da saúde que contribuíram para o controle da pandemia de COVID-19 e continuidade das pesquisas científicas no país e no mundo.

Ao Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba – UNESP pela oportunidade e a todos os profissionais que ali trabalham por todo o suporte prestado.

Aos professores orientadores Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva, Dr. Antônio Cesar Germano Martins e Dr.-Ing. Paulo Henrique Trombetta Zannin pela paciência, ensinamentos, momentos de descontração e muito trabalho.

A direção dos hospitais GPACI, BOS e Santa Casa pela autorização e a todas as pessoas que contribuíram na pesquisa desenvolvida dentro dos ambientes hospitalares.

RESUMO

A poluição sonora é considerada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um problema de saúde pública e já é a segunda maior causa de poluição ambiental. Alguns locais são mais afetados por este tipo de poluição em virtude da situação física e emocional das pessoas, como os hospitais. Apesar disso, há uma lacuna global de estudos relacionados ao ruído e hospitais. Neste sentido, este trabalho objetivou realizar um diagnóstico da situação atual do ruído interno e externo de três hospitais públicos da cidade de Sorocaba, Brasil. A pesquisa foi dividida em três partes, nomeadas de capítulos, onde no primeiro capítulo foi realizada uma revisão sistemática da literatura referente ao ruído ambiental ao redor do mundo, com buscas em três das principais bases de dados de revistas científicas, sendo *Scopus*, *Web of Science* e *ScienceDirect*. O segundo capítulo consistiu em medições internas dos níveis sonoros dos hospitais, durante o período diurno e noturno, utilizando-se sonômetro classe 1 e com base na norma NBR 10152. O terceiro capítulo foi dividido entre medições externas de ruído e elaboração de mapas acústicos, baseado nas normas NBR 10151, ISO 1996 e ISO 9613. Os resultados do primeiro capítulo mostraram que existe maior concentração de estudos desta temática na Ásia, América e Europa, em revistas de enfermagem, medicina, engenharia e ciências ambientais. O foco principal das pesquisas foi na parte interna dos hospitais, geralmente em setores específicos, como unidades de terapia intensiva. Os valores de referência em praticamente todos os estudos ultrapassaram as recomendações da OMS. No segundo capítulo, foi constatado que todos os locais estudados dos hospitais, tanto durante o dia quanto a noite, ultrapassaram os valores recomendados de níveis sonoros. De acordo com o espectro de frequência das medições, foi verificado que há grande influência de ruído de acordo com a atividade de cada setor, como manipulação de objetos e equipamentos médicos, no entanto há predomínio em quase todos os setores da influência de conversação das pessoas sobre os níveis sonoros elevados. Por fim, no terceiro capítulo, foi mostrado que a parte externa dos hospitais existe níveis elevados de ruído incidindo até a fachada dos mesmos, tanto de dia, quanto a noite, mesmo em vias de menor velocidade de circulação de veículos. Como conclusões deste trabalho, pode-se destacar que ainda há uma grande lacuna geográfica e metodológica referente ao ruído em ambientes hospitalares. Com base nos resultados dos níveis sonoros internos dos hospitais e espectro de frequência, providências podem ser tomadas para redução dos mesmos, inclusive de baixo custo como educação e conscientização da equipe do hospital. Os resultados da parte externa dos hospitais com mapas acústicos, servirão de material de qualidade para a gestão municipal e formulação de políticas públicas para redução dos níveis sonoros.

Palavras-Chave: Poluição sonora. Mapa acústico. Níveis de pressão sonora. Saúde pública.

ABSTRACT

Noise pollution is considered by the World Health Organization (WHO) as a public health problem and is already the second leading cause of environmental pollution. Some places are most affected by this type of pollution due to the physical and emotional situation of people, such as hospitals. Despite this, there is a global gap in noise-related studies and hospitals. In this sense, this study aimed to make a diagnosis of the current situation of internal and external noise of three public hospitals in the city of Sorocaba, Brazil. The research was divided into three parts, named chapters, where in the first chapter a systematic review of the literature on environmental noise around the world was carried out, with searches in three of the main databases of scientific journals, being Scopus, Web of Science and ScienceDirect. The second chapter consisted of internal measurements of the sound levels of hospitals during the day and night period, using a class 1 sonometer and based on the NBR 10152 standard. The third chapter was divided between external noise measurements and acoustic map making, based on NBR 10151, ISO 1996 and ISO 9613 standards. The results of the first chapter showed that there is a greater concentration of studies on this subject in Asia, America and Europe, in nursing, medicine, engineering and environmental sciences journals. The main focus of the research was on the internal part of hospitals, usually in specific sectors, such as intensive care units. The reference values in virtually all studies exceeded WHO recommendations. In the second chapter, it was found that all the studied sites of the hospitals, both during the day and at night, exceeded the recommended values of sound levels. According to the frequency spectrum of the measurements, it was verified that there is great influence of noise according to the activity of each sector, such as manipulation of objects and medical equipment, however, there is a predominance in almost all sectors of people's conversational influence on high sound levels. Finally, in the third chapter, it was shown that the outside of hospitals there are high levels of noise focusing on their façade, both day and night, even on lower vehicle traffic routes. As conclusions of this study, it can be highlighted that there is still a large geographical and methodological gap related to noise in hospital environments. Based on the results of the hospital's internal sound levels and frequency spectrum, steps can be taken to reduce them, including low-cost education and awareness of hospital staff. The results from the outside of hospitals with acoustic maps will serve as quality material for municipal management and formulation of public policies to reduce sound levels.

Keywords: Noise pollution. Acoustic map. Sound pressure levels. Public health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Esquema de filtragem de revisão de literatura	22
Figura 3.2 - Áreas de conhecimento de revistas científicas	23
Figura 3.3 - Mapa global mostrando a distribuição de países onde os estudos foram realizados	24
Figura 3.4 - Ambientes hospitalares e número de estudos realizados	30
Figura 3.5 - Estudos que propuseram ou adotaram medidas de mitigação de ruído	33
Figura 3.6 - Número de estudos realizados nos últimos seis anos	35
Figura 4.1 - Localização da cidade de Sorocaba e dos hospitais estudados	39
Figura 4.2 - Níveis sonoros e espectro de frequência BOS dia	46
Figura 4.3 - Espectro de frequência no BOS durante o dia e a noite	47
Figura 4.4 - Níveis sonoros para o GPACI durante o dia e noite	48
Figura 4.5 - Espectro de frequência para o GPACI durante o dia e noite	49
Figura 4.6 - Níveis sonoros na Santa Casa durante o dia e noite	50
Figura 4.7 - Espectro de frequência para a Santa Casa durante o dia e noite	51
Figura 4.8 - Boxplots dos níveis de ruído dos hospitais durante o dia e a noite	53
Figura 5.1 - Mapa de localização dos hospitais no município de Sorocaba	60
Figura 5.2 - Níveis sonoros dos pontos de medição durante o dia e a noite	63
Figura 5.3 - Curvas de calibração dos mapas de ruído	66
Figura 5.4 - Mapas de ruído dos três hospitais para o dia e noite	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Leis e normas usadas como referência	25
Tabela 3.2 - Níveis de ruído interno e externo equivalentes de estudos.....	26
Tabela 3.3 - Áreas de especialização dos principais autores dos artigos científicos.....	28
Tabela 3.4 - Foco e número de estudos realizados no lado externo e interno.....	29
Tabela 3.5 - Altura de instalação do microfone, distância de superfícies reflexivas, tempo de medição e parâmetros avaliados	31
Tabela 4.1 - Níveis sonoros recomendados pela NBR 10.152 e WHO	41
Tabela 4.2 - Síntese dos resultados das análises estatísticas	54
Tabela 5.1 - Coordenadas dos pontos de medição, nomes e velocidades das vias.....	61
Tabela 5.2 - Diferença entre os valores medidos e simulados	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 - Pontos de medição e principais fontes de ruído observadas	42
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

OMS	= Organização Mundial da Saúde
USEPA	= <i>United States Environmental Protection Agency</i>
L_{eq}	= Nível de pressão sonora médio durante um período de tempo
L_{min}	= Menor nível de pressão sonora num determinado intervalo de tempo
L_{max}	= Maior nível de pressão sonora num determinado intervalo de tempo
L_{Aeq}	= Nível de pressão sonora médio durante um período de tempo na ponderação A
L_{AFmax}	= Maior nível de pressão sonora, tempo <i>fast</i> , ponderação A
L_{Apeak}	= Nível de pressão sonora, ponderação A, de pico
L_1	= Nível de pressão sonora excedido em 1% do tempo de medida
L_5	= Nível de pressão sonora excedido em 5% do tempo de medida
L_{10}	= Nível de pressão sonora excedido em 10% do tempo de medida
L_{30}	= Nível de pressão sonora excedido em 30% do tempo de medida
L_{33}	= Nível de pressão sonora excedido em 33% do tempo de medida
L_{50}	= Nível de pressão sonora excedido em 50% do tempo de medida
L_{70}	= Nível de pressão sonora excedido em 70% do tempo de medida
L_{90}	= Nível de pressão sonora excedido em 90% do tempo de medida
L_{95}	= Nível de pressão sonora excedido em 95% do tempo de medida
R_{T20}	= intervalo de tempo que o nível de pressão sonora leva para diminuir de 20 dB
R_{T30}	= intervalo de tempo que o nível de pressão sonora leva para diminuir de 30 dB
NBR	= Norma Brasileira
ABNT	= Associação Brasileira de Normas Técnicas
UTI	= Unidade de Terapia Intensiva
SII	= <i>Speech Intelligibility Index</i>
DRS XVI	= Departamento Regional de Saúde de Sorocaba
IBGE	= Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SUS	= Sistema Único de Saúde
BOS	= Banco de Olhos de Sorocaba
GPACI	= Grupo de Pesquisa e Assistência ao Câncer Infantil
WHO	= <i>World Health Organization</i>
PMS	= Prefeitura Municipal de Sorocaba
ANOVA	= <i>Analysis of Variance</i>
PAST	= <i>PAleontological Statistics</i>

NEPS = Núcleo de Educação Permanente em Saúde
SENATRAN = Secretaria Nacional de Trânsito
ISO = *International Organization for Standardization*
APA = Agência Portuguesa do Ambiente
GPS = *Global Position System*
UTM = *Universal Transversa de Mercator*
SIRGAS = Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
WG-AEN = *Working Group – Assessment of Exposure to Noise*
CTB = Código de Trânsito Brasileiro

LISTA DE SÍMBOLOS

dB	= <i>Decibel</i>
Hz	= <i>Hertz</i>
m	= Metros
m ²	= Metros quadrados
V	= <i>Volts</i>
km	= Quilômetros
km/h	= Quilômetros por hora

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Estrutura da tese.....	18
2 OBJETIVOS	19
2.1 Geral	19
2.2 Específicos	19
3 CAPÍTULO I – RUÍDO AMBIENTAL EM HOSPITAIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	20
3.1 INTRODUÇÃO	20
3.2 MÉTODOS	21
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
3.3.1 Bancos de dados e áreas de conhecimento de periódicos	22
3.3.2 Países onde os estudos foram realizados.....	23
3.3.3 Normas/leis utilizadas como referências em estudos.....	25
3.3.4 Área de especialização dos autores	28
3.3.5 Foco dos estudos (áreas fora e/ou dentro dos hospitais).....	29
3.3.6 Métodos de medição sonora e parâmetros usados.....	30
3.3.7 Estudos que adotaram/propuseram medidas de mitigação de ruído.....	33
3.3.8 Perspectivas futuras neste campo	34
3.4 CONCLUSÃO	36
4 CAPÍTULO II – NÍVEIS SONOROS E ANÁLISE ESPECTRAL EM AMBIENTES INTERNOS DE TRÊS HOSPITAIS PÚBLICOS DA CIDADE DE SOROCABA, BRASIL	37
4.1 INTRODUÇÃO	37
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	38
4.2.1 Material.....	38
4.2.2 Área de estudo	39
4.2.3 Métodos.....	40
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42

4.3.1 Principais fontes de ruídos observadas.....	42
4.3.3 Análise estatística.....	54
4.4 CONCLUSÃO	55
5 CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA EM ÁREAS HOSPITALARES DA CIDADE DE SOROCABA, BRASIL, ATRAVÉS DE MEDIÇÕES E MAPAS ACÚSTICOS.....	56
5.1 INTRODUÇÃO	56
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	57
5.2.1 Áreas de estudo.....	57
5.2.2 Medições sonoras	58
5.2.3 Mapeamento acústico	59
5.2.4 Análise estatística.....	60
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
5.3.1 Localização dos hospitais	60
5.3.2 Níveis sonoros nas áreas hospitalares	62
5.3.3 Mapas acústicos	64
5.4 CONCLUSÃO	68
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
REFERÊNCIAS.....	71
APÊNDICE A	83

1 INTRODUÇÃO

O ruído ambiental ou poluição sonora, por muito tempo subestimado, já configura como uma das principais causas de poluição ambiental segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), e os agravantes deste tipo de poluição a fizeram ser considerada um problema de saúde pública (WHO, 1999; WHO; 2011, WHO; 2018). Estão associados a poluição sonora as doenças cardiovasculares (SORENSEN et al., 2017; van KEMPEN et al., 2018), distúrbios metabólicos (van KEMPEN et al. 2018), distúrbios do sono (GUSKI et al., 2017), estresse (PAIVA et al., 2019), incômodo (LICITRA et al. 2016), entre outros problemas que afetam a saúde humana.

Pelos seus impactos, este tema tem chamado atenção de diversos pesquisadores ao redor do mundo, que tem avaliado o ruído provocado por indústrias (SUSANTO et al., 2021), trens e ferrovias (WOSNIACKI e ZANNIN, 2021), aeroportos (TAUFNER et al., 2020), veículos automotores em centros urbanos (NASCIMENTO et al., 2021), vias de grande fluxo de veículos (MORILLAS et al., 2021), entre outros. Algumas áreas também são avaliadas quanto aos níveis sonoros incidentes, como centros de ensino (ÇOLAKKADIOĞLU et al., 2018) e centros de saúde (ANDRADE et al., 2021).

Centros de ensino e de saúde são áreas consideradas sensíveis ao ruído, principalmente em hospitais, dada a situação física e emocional de pacientes, acompanhantes e funcionários que lidam com vidas no dia a dia. Embora estas áreas tenham restrições significativas de valores de níveis sonoros admissíveis para o entorno e ambientes internos, estes níveis são facilmente ultrapassados em hospitais do mundo todo (ANDRADE et al., 2021; WALLIS et al., 2019).

No Brasil, a NBR 10151 estabelece que os níveis sonoros em áreas externas aos hospitais não devam ultrapassar L_{Aeq} 50 dB durante o dia e 45 dB durante a noite (ABNT, 2020). Em ambientes internos, a NBR 10152 sugere que os níveis sonoros não ultrapassem os 35-45 dB, dependendo do local do hospital (ABNT, 2017). No entanto, estudos realizados no Brasil mostram que a situação externa e externa é bastante preocupante, sendo os níveis amplamente ultrapassados (FILUS et al., 2014; FIEDLER e ZANNIN, 2015; VIEIRA et al., 2016; ANDRADE et al., 2016; ZANNIN et al., 2019; ANDRADE et al., 2020).

Níveis sonoros elevados em áreas e ambientes hospitalares podem trazer consequências graves a saúde das pessoas e a dinâmica do hospital. Aumento na ocorrência de erros entre os profissionais de saúde (JASSIM e EBRAHIM, 2020; LOUPA, 2020), aumento do tempo de cicatrização de feridas (WYSOCKI, 1996), elevada taxa de readmissões (HAGERMAN et al., 2005), demora na recuperação de pacientes (LOUPA, 2020) e estresse na equipe médica

(MONTEZ-GONZÁLEZ et al., 2019) são alguns dos efeitos adversos provocados pelo ruído em áreas hospitalares.

Neste sentido, alguns gestores e pesquisadores tem usado soluções para redução de ruído em hospitais, como a implantação de protocolos de “*quiet time*” e conscientização dos funcionários e equipe médica (SANTOS et al., 2017; ASTIN et al., 2020), uso de materiais acústicos (CHEN, 2015), projetos arquitetônicos (MONAZZAM et al., 2015), simulações (MONTES-GONZALEZ et al., 2019), alterações nos equipamentos, instalações físicas e procedimentos (SHIELD et al., 2016).

Ações preventivas e/ou corretivas só podem ser realizadas baseadas num diagnóstico confiável de qual altos estão os níveis sonoros e quais são os principais agentes acusadores. Neste contexto, baseado em literatura e materiais técnicos, hospitais de grandes cidade de referência, como Sorocaba/SP, ainda carecem de estudos aprofundados da situação atual da poluição sonora.

1.1 Estrutura da tese

Para otimização do trabalho e geração de resultados divididos de acordo com os objetivos específicos, bem como apresentação aos leitores, a tese foi dividida em partes, denominadas de capítulos, onde cada capítulo corresponde a uma artigo científico já publicado ou que será enviado para publicação em revistas científicas.

O primeiro capítulo refere-se a revisão sistemática da literatura sobre o assunto de ruído ambiental em hospitais, onde alguns tópicos de interesse foram analisados e mostrados no capítulo de forma crítica e sintetizada, no intuito de verificar o que houve de avanço referente ao tema e quais as lacunas existentes.

No segundo capítulo, houve a abordagem dos níveis sonoros internos dos hospitais, evidenciando quais foram os principais agentes acusadores e quão elevados estão os níveis sonoros em relação as normas e materiais de referência.

Por fim, no terceiro capítulo, foram avaliados os níveis sonoros externos aos hospitais e verificado se os mapas acústicos gerados do entorno estão condizentes com a realizada dos locais, utilizando-se *software* específico para este fim.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Como objetivo geral tem-se realizar uma análise comparativa da situação dos níveis sonoros em três hospitais de Sorocaba/SP e a busca de correlações entre os resultados obtidos e o entorno onde se insere os hospitais.

2.2 Específicos

Como objetivos específicos tem-se:

- Fazer um levantamento da literatura recente sobre ruído ambiental em hospitais;
- Avaliar o ruído ambiental interno em diferentes locais dos três hospitais, durante o dia e durante a noite para verificar a influência do período do dia e se há diferença entre os hospitais, além de realizar análises em frequência dos níveis sonoros;
- Realizar medições de ruído externo nos três hospitais, durante o dia e durante a noite e, por meio de software de acústica ambiental, realizar simulações para comparação dos níveis sonoros medidos e simulados;
- Gerar resultados por meio de diagnóstico da situação interna e externa dos hospitais referente aos níveis de ruído, que servirão de orientação para a gestão e políticas públicas.

3 CAPÍTULO I – RUÍDO AMBIENTAL EM HOSPITAIS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

3.1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a poluição sonora tem crescido principalmente devido à expansão urbana e ao aumento das frotas de veículos, o que é considerado um fator agravante para a saúde pública (HANNINEN et al., 2014). Diversos problemas relacionados à saúde humana e atividades cognitivas são atribuídos ao ruído, como perturbação do sono (MUZET, 2007; BASNER e McGUIRE, 2018), incômodo, (MIEDEMA e OUDSHOORN, 2001; LICITRA et al., 2016; GUSKI et al., 2017; PAIVA et al., 2019), doenças cardiovasculares (BABISCH et al., 2005; DRATVA et al., 2012; SORENSEN et al., 2017; HÉRITIER et al., 2018; van KEMPEN et al., 2018; LIN et al., 2020), percepção e aprendizado (ERICKSON e NEWMAN, 2017; MINICHILLI et al., 2018).

Há uma preocupação ainda maior em áreas consideradas sensíveis ao ruído, como hospitais, onde o ruído afeta o bem-estar dos pacientes, retardando sua recuperação, reduzindo a produtividade dos profissionais e aumentando a ocorrência de erros médicos (HSU et al., 2012; LOUPA et al., 2019; MONTES-GONZÁLEZ et al., 2019; LOUPA, 2020). Além disso, o ruído também pode ter efeito negativo sobre os visitantes e o hospital como um todo (ZANNIN et al., 2019), e pode aumentar a incidência de rehospitalização (HAGERMAN et al., 2005). Os principais fatores envolvidos no ruído audível dentro dos hospitais podem ter origem externa, por exemplo, tráfego de veículos, ou interna, por exemplo, conversas entre funcionários e/ou pacientes (RAVINDRA et al., 2016).

Vários estudos sobre medições de ruído ambiental em hospitais que tem sido realizados em todo o mundo (BUSCH-VISHNIAC et al., 2005; FORTES-GARRIDO et al., 2014; ZANNIN e FERRAZ, 2016; MONTES-GONZÁLEZ et al., 2019) revelaram níveis de ruído superiores aos recomendados para um ambiente saudável. A Organização Mundial da Saúde (OMS) sugere que os níveis sonoros não devem exceder L_{eq} 35 dB(A) durante o dia e L_{eq} 30 dB(A) a L_{max} 40 dB(A) à noite em ambientes hospitalares (BERGLUND et al., 1999). A *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) recomenda níveis sonoros diurno e noturno inferiores a L_{eq} 45 e 35 dB(A), respectivamente (USEPA, 1974).

Na prática, mesmo com os avanços tecnológicos nos processos de equipamentos hospitalares e construção, os níveis de ruído dentro dos hospitais aumentaram gradualmente da década de 1960 até os dias atuais (BUSCH-VISHNIAC et al., 2005; BUSCH-VISHNIAC e

RYHERD, 2019). As avaliações de nível sonoro nos hospitais são realizadas de várias formas, dada a complexidade dos ambientes hospitalares (WALLIS et al., 2019).

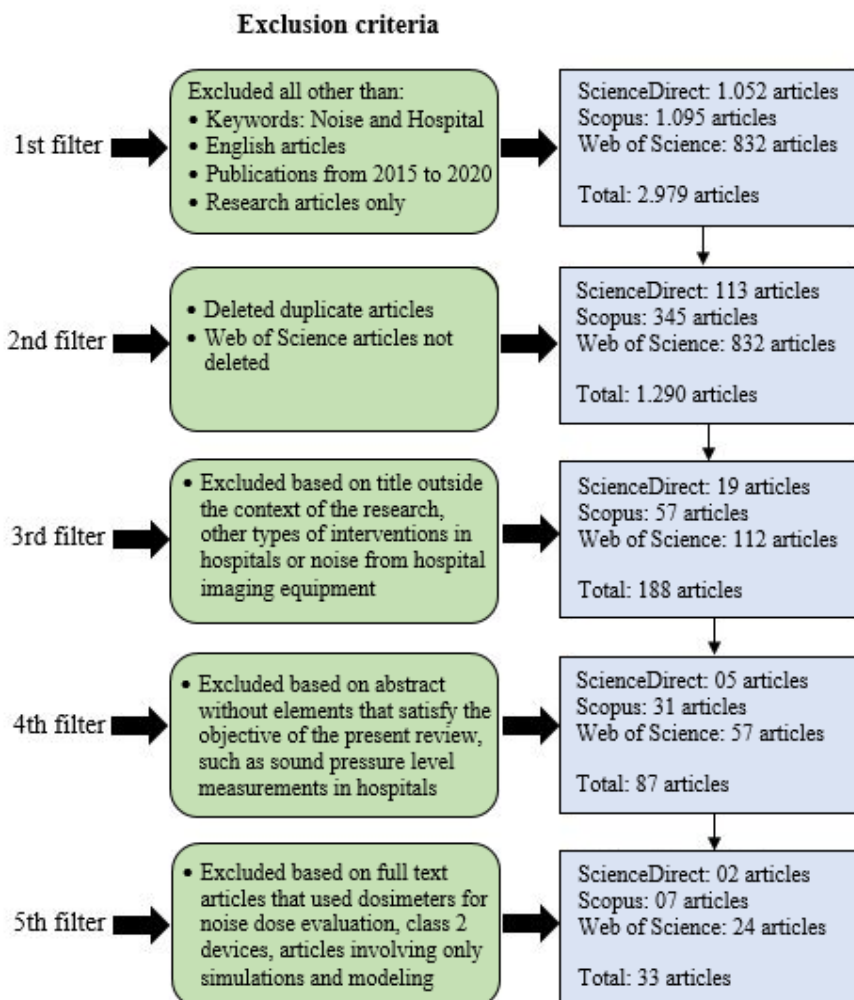
O objetivo desta revisão sistemática foi pesquisar trabalhos realizados entre os anos de 2015 a 2020 referentes à medição de ruído em hospitais de todo o mundo, examinando revistas científicas e acadêmicas de alto impacto.

3.2 MÉTODOS

A revisão sistemática da literatura em formato eletrônico envolveu três bases de dados, Scopus, Web of Science e ScienceDirect. O primeiro filtro empregado na pesquisa selecionou artigos publicados nos últimos seis anos (de 2015 a 2020); apenas artigos em inglês; artigos de pesquisa (excluindo notas técnicas e de revisão); palavras-chave "Ruído" e "Hospital". O segundo filtro excluiu artigos duplicados, enquanto os artigos encontrados na base de dados da Web of Science foram mantidos como referência (sem excluí-los). O terceiro filtro removeu artigos contendo títulos fora do contexto da pesquisa, como outros tipos de intervenções em hospitais ou ruídos de equipamentos de imagem hospitalar (por exemplo, máquinas de raio-X). O quarto filtro excluiu artigos cujo resumo não continha elementos que cumprissem o objetivo desta revisão, como aqueles que não mediram os níveis de pressão sonora fora ou dentro dos hospitais. Por fim, no quinto filtro, após a leitura dos artigos na íntegra, foram excluídos aqueles que afirmavam que seus autores haviam tomado medidas utilizando dosímetros sonoros (que avaliavam apenas a dose de ruído), por se tratar de um dispositivo especial para medir a exposição individual aos níveis de pressão sonora. Foram excluídas pesquisas que, também, utilizaram equipamentos classe 2 para equalizar o trabalho em termos de qualidade e quantidade de recursos dos equipamentos classe 1. Também foram excluídos artigos envolvendo apenas simulações e modelagem, mas não medições.

Os artigos selecionados após a aplicação dos cinco filtros revelaram as seguintes informações: a) as bases de dados contendo o maior número de artigos publicados; b) as áreas de conhecimento das revistas em que os artigos são publicados; c) os países cujos hospitais foram estudados e as leis/normas utilizadas como referência; d) a profissão/área de atuação dos autores e o foco principal de seus estudos (áreas fora ou dentro dos hospitais); e) métodos de medição e parâmetros utilizados; f) trabalhos que adotaram/propuseram medidas de mitigação de ruído; e g) perspectivas futuras para a área. A Figura 3.1 resume o esquema de filtragem de revisão de literatura, enquanto o Apêndice A fornece informações sobre todos os artigos finais selecionados.

Figura 3.1 - Esquema de filtragem de revisão de literatura



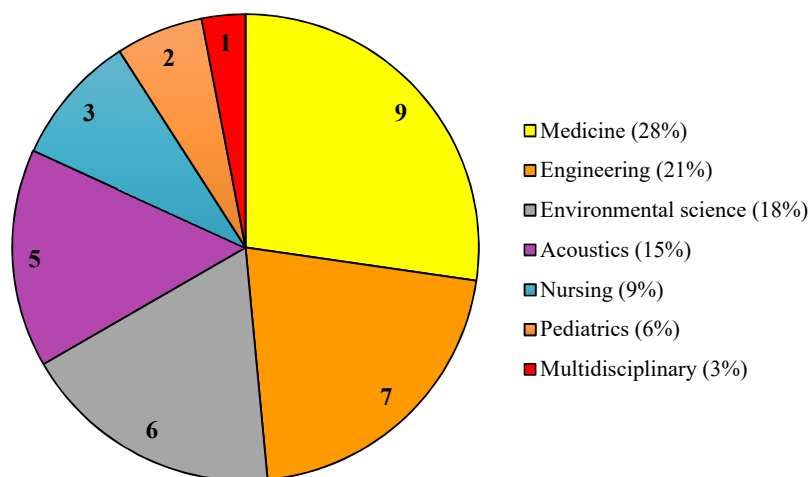
Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Bancos de dados e áreas de conhecimento de periódicos

Após a aplicação dos filtros, o banco de dados encontrado contendo o maior número de artigos foi *Web of Science*, com 73%, seguido por *Scopus* com 21% e *ScienceDirect* com 6%. A Figura 3.2 mostra as áreas de conhecimento das revistas (SCIMAGO, 2020) em que os artigos foram publicados.

Figura 3.2 - Áreas de conhecimento de revistas científicas



Fonte: Elaborado pelo autor.

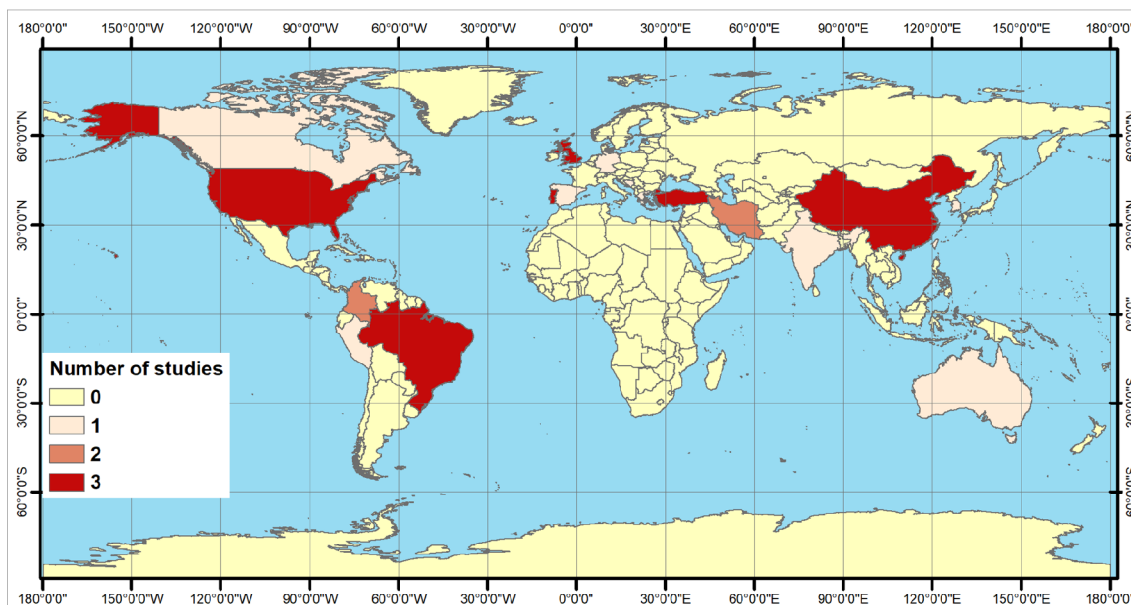
Nota: Áreas de conhecimento de revistas científicas extraídas do site: <https://www.scimagojr.com>.

A Figura 2 mostra que 28% dos artigos foram publicados em revistas médicas, seguidos por 21% em engenharia, 18% em ciências ambientais, 15% em acústica, 9% em enfermagem, 6% em pediatria e 3% em periódicos multidisciplinares, indicando a interdisciplinaridade do tema e sua importância em diversas áreas da ciência.

3.3.2 Países onde os estudos foram realizados

Entre os 33 estudos selecionados nesta revisão, os países com maiores taxas de participação foram os Estados Unidos da América (n=3), Brasil (n=3), China (n=3), Inglaterra (n=3), Portugal (n=3) e Turquia (n=3) (9% cada), seguidos pela Colômbia (n=2) e Irã (n=2) (6% cada), Alemanha, Austrália, Bósnia e Herzegovina, Canadá, Coreia do Sul, Espanha, Grécia, Holanda, Índia, Peru, Taiwan (cada um com 1 estudo, correspondendo a aproximadamente 3% cada) (ver Figura 3.3).

Figura 3.3 - Mapa global mostrando a distribuição de países onde os estudos foram realizados



Fonte: Elaborado pelo autor.

Aproximadamente 42% dos estudos estão localizados na Europa (embora a Turquia esteja geograficamente situada entre dois continentes, para efeito desta revisão foi considerada na Europa), 18% na América do Sul, 12% na América do Norte, 24% na Ásia e 4% na Oceania. A pesquisa no continente africano não existe para o período e os critérios adotados nesta revisão. Uma das hipóteses para a escassez de estudos sobre ruído em hospitais do continente africano é que existem outras necessidades mais urgentes, como o acesso à água potável e o tratamento de algumas doenças, como a aids e ebola. Vários pesquisadores citam a falta de pesquisas relacionadas ao ruído na África (OKOKON et al., 2018; SIÉBER et al., 2018). Em um estudo de revisão sobre poluição sonora, Khan et al. (2018) descobriram que a maioria das pesquisas sobre o tema tem sido realizada na Europa, mostrando uma lacuna potencial para estudos nessa área na África, Oceania e América do Sul. Em um estudo de revisão sobre ruído em hospitais, Wallis et al. (2019) descobriram que 33% das pesquisas foram realizadas na Europa (em doze países), 38% na América do Norte (em dois países), 5% na América do Sul (dois países), 17% na Ásia (quatro países), 5% na Oceania (um país) e 2% na África (um país). Além da lacuna geográfica global, se considerarmos, por exemplo, que os Estados Unidos possuem 6.090 hospitais (AHA 2021), há também uma lacuna regional/local, já que os hospitais possuem diferentes configurações, atividades, *layouts*, etc.

3.3.3 Normas/leis utilizadas como referências em estudos

Embora vários países tenham leis e/ou padrões de poluição sonora, muitos estudos usam outras referências como parâmetro para avaliar se os níveis de ruído medidos representam ou não riscos à saúde humana. A Tabela 3.1 descreve as principais características das leis e normas utilizadas como referências nos estudos.

Tabela 3.1 - Leis e normas usadas como referência

Parâmetros avaliados	W	E	AA	IR	BR	N	CL	A	CC	RD	GB	PR	NC
Nº de citações	15	5	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	7
Externo, dia (dB)	-	55	-	55	-	50	55	-	-	60	-	50	-
Interno, dia (dB)	35	45	45	45	35-45	40	-	45	65	40-45	55	-	-
Externo, noite (dB)	-	55	-	45	-	55	45	-	-	50	-	-	-
Interno, noite (dB)	30	35	45	35	-	35	-	45	65	30-35	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: W = Organização Mundial da Saúde; E = Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (1974); AA = Academia Americana de Pediatria; IR = Norma Iraniana; BR = Norma Brasileira – NBR 10152/1987; N = Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional – Exposição ao Ruído Ocupacional (1998); CL = Lei Municipal de Curitiba nº 10625/2002; A = Padrões Australianos; CC = Comitê de Consenso para o Projeto da Unidade de Terapia Intensiva Neonatal; RD = Real Decreto 1367/2007; GB = Padrão Chinês GB/T 51153-2015; PR = Normas Ambientais Nacionais Peruanas para ruído; NC = não citado.

Verificou-se que 45% dos estudos citaram a OMS como referência para valores sonoros, seguidos pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) com 15% e pela Academia Americana de Pediatria (AAP) com 12%. A OMS tem valores de ruído mais restritivos do que as outras leis/normas citadas em outros estudos, uma vez que considera o bem-estar geral. Juntas, a OMS e a EPA são as instituições pioneiras na criação de valores padrão para o ruído hospitalar (BAQAR et al., 2017). Outros estudos têm mostrado que os valores recomendados pela OMS são amplamente utilizados como referência para níveis de ruído em hospitais (WALLIS et al., 2019), embora esses níveis sejam frequentemente excedidos e improváveis de serem alcançados (LOUPA, 2020).

Outros países e/ou cidades tiveram suas próprias particularidades quando criaram suas leis de referência e consideraram não apenas a saúde geral e o bem-estar da população. A maioria dessas leis/padrões são bastante antigos, datando das décadas de 1970, 80 ou 90, quando as cidades eram menos populosas e as frotas de veículos menores. Jahan et al. (2016) afirmam que a poluição sonora não era uma grande preocupação para a população de Bangladesh nos anos 1970 e início dos anos 1980, mas que o risco de poluição sonora aumentou e excedeu o nível de tolerância em resposta ao crescente número de veículos automotores no país. O crescimento urbano e demográfico nem sempre é planejado e é difícil ajustar os padrões externos de emissão de ruídos ambientais a níveis aceitáveis.

Para avaliar o efeito da exposição sonora de pessoas em diferentes países, outros fatores também devem ser considerados, como psicológico, econômico, social, cultural, climático, e outros ainda não identificados (SIÉBER et al., 2018).

A Tabela 3.2 mostra a faixa de níveis equivalentes de pressão sonora (L_{eq}) para ambientes internos e externos observados nos estudos.

Tabela 3.2 - Níveis de ruído interno e externo equivalentes de estudos

Autor(es)	(continua)			
	Ruído interno dB(A)		Ruído externo dB(A)	
	L_{eq}		L_{eq}	
	Dia	Noite	Dia	Noite
Carvalhais et al. (2015)	48,7 - 71,7 (24h)			
Chen (2015)	51 - 73			
Fiedler e Zannin (2015)	>65			
Filus et al. (2015)	56,6 - 64,7	59,0 - 68,8		
Lahav (2015)	58,7 - 60,0			
Monazzam et al. (2015)	59,9 - 70,1			
Oliveira et al. (2015)	54,8 - 65,2	43,4 - 54,9		
Galindo et al. (2016)	58,9 - 65,7	57,0 - 64,2		
Luetz et al. (2016)	50,9 - 56,2 (24h)			
Pirsaheb et al. (2016)	52,0 - 88,6			
Shield et al. (2016)	50,0 - 60,6	41,4 - 52,9		
Shoemark et al. (2016)	55 - 65 (24h)			
Vieira et al. (2016)	58,2 - 65,6			
Ai et al. (2017)	62,6 - 67,7			

(conclusão)

Autor(es)	Ruído interno dB(A)		Ruído externo dB(A)	
	Leq		Leq	
	Dia	Noite	Dia	Noite
Disher et al. (2017)	43 - 70 (24h)			
D’Souza et al. (2017)	59,4 - 62,1			
Galindo et al. (2017)	59,5 - 65,3 (24h)			
Santos et al. (2017)	46,6 - 71,7 (24h)			
Bevan et al. (2018)	38,7 - 62,0			
Predrag et al. (2018)			64,6 - 69,9	58,3 - 65,4
Bliefnick et al. (2019)	52 - 61 (24h)			
Cho et al. (2019)	37 - 67			
Loupa et al. (2019)	57 - 76			
Montes-González et al. (2019)	55,7 - 60,2	51,4 - 55,5		
Terzi et al. (2019)	61 - 71 (24h)			
Tezel et al. (2019)			62,7 - 84,7 (24h)	
Wu et al. (2019)	57,3 - 63,8			
Yildirim e Mayda (2019)	48,5 - 70,8			
Zijlstra et al. (2019)	39,7 - 54,6 (24h)			
Astin et al. (2020)	49,2 - 51,6			
García-Rivero et al. (2020)			83,3 - 88,6	
Hasegawa e Ryherd (2020)	51,8 - 59,8 (24h)			
Tang et al. (2020)	45 - 70,5			

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os valores diurnos de L_{eq} em hospitais variaram de 37 dB(A) (CHO et al., 2019) a 88,6 dB(A) (PIRSAHEB et al., 2016), enquanto os níveis noturnos variaram de 38,7 dB(A) (BEVAN et al., 2018) a 68,8 dB(A) (FILUS et al., 2015). O nível de ruído médio (L_{eq}) foi de 74,3 durante o dia e 56,6 dB(A) à noite. Para medições com duração de 24 horas ou mais, os valores variaram de 39,7 (ZIJLSTRA et al., 2019) a 71,7 dB(A) (CARVALHAIS et al., 2015; SANTOS et al., 2017). Quanto aos estudos de níveis de ruído externos, estes variaram de 83,3 a 88,6 dB(A) durante o dia (GARCÍA-RIVERO et al., 2020), de 58,3 a 65,4 dB(A) à noite (PREDRAG et al., 2018), e de 62,7 a 84,7 dB(A) em um período de 24h (TEZEL et al., 2019).

Mesmo em países que possuem diretrizes técnicas para medir níveis de som interior, como o Brasil através da norma NBR 10152, verificou-se que os níveis excediam os recomendados (FILUS et al., 2015; VIEIRA et al., 2016).

3.3.4 Área de especialização dos autores

Assim como as revistas que publicam artigos sobre ruídos em hospitais, os principais autores das publicações também possuem diferentes áreas de atuação. Na Tabela 3.3, nota-se que o total de 33 artigos selecionados foram divididos em 21 áreas distintas. Áreas como arquitetura e engenharia, que representam 27% das especialidades dos autores, contribuem para a qualidade e interpretação das avaliações sonoras nos hospitais. Entre as áreas de atuação dos autores, 36% estão em medicina, enfermagem e outras áreas relacionadas, como pediatria, distúrbios de comunicação, saúde pública, ciências da saúde, saúde e meio ambiente e ciências clínicas experimentais. Uma das explicações para esses números é que a maioria dos autores tem alguma conexão com hospitais (médico, enfermagem, pediatria e outros departamentos, além de laboratórios médicos). Isso facilita não só o desenvolvimento do estudo, em termos de burocracia, mas também a metodologia (escolha de pontos de medição de ruído, autorização de departamentos específicos, análise em diferentes *layouts*, entre outros). As áreas de especialização dos 37% restantes dos autores estão em meio ambiente, física e acústica. Isso indica que o assunto tem atraído cada vez mais atenção de diferentes áreas (LOUPA, 2020), uma vez que o ruído é frequentemente subestimado.

Tabela 3.3 - Áreas de especialização dos principais autores dos artigos científicos

<i>(continua)</i>	
Área de atuação	Número
Arquitetura	5
Engenharia	4
Saúde e meio ambiente	2
Medicina	2
Modelagem de sistemas ambientais	2
Enfermagem	2
Pediatria	2
Poluição do ar	1
Física aplicada	1
Ciências aplicadas	1
Distúrbios de comunicação	1
Acústica ambiental	1
Saúde ambiental	1
Ciência e tecnologia ambiental	1
Sustentabilidade ambiental	1
Ciências clínicas experimentais	1
Ciências da saúde	1

(conclusão)	
Área de atuação	Número
Saúde ocupacional e ambiental	1
Metrologia física	1
Saúde pública	1
Proteção e ecologia	1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: As áreas de especialização dos autores foram extraídas das informações contidas em seus artigos, às vezes nos títulos, às vezes no final.

3.3.5 Foco dos estudos (áreas fora e/ou dentro dos hospitais)

A Tabela 3.4 descreve o foco dos estudos em termos de localização, que podem estar fora ou dentro do prédio do hospital, bem como o número de estudos.

Tabela 3.4 - Foco e número de estudos realizados no lado externo e interno

Foco do estudo			Hospitais estudados internamente				Hospitais estudados externamente				Hospitais estudados externa e internamente		
Ex. e In.	Ex.	In.	Um	Dois	≥ Três	N.c.	Um	Dois	≥ Três	N.c.	Um	Dois	≥ Três
1	5	27	21	2	3	1	-	2	3	-	1	-	-

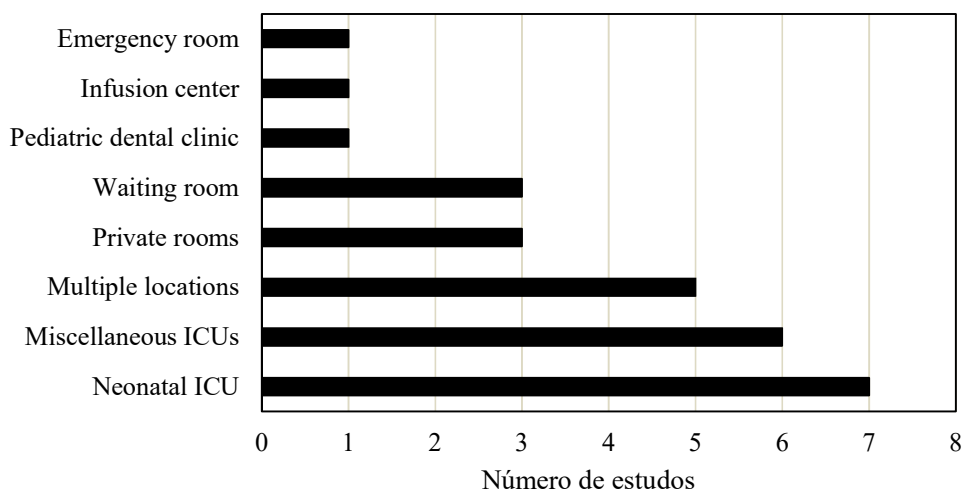
Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: Ex. = Externo; In. = Interno; N.c. = Não citado.

Oitenta e dois por cento dos estudos mediram os níveis de ruído dentro dos hospitais, enquanto 15% mediram o ruído fora dos prédios hospitalares e 3% fizeram medições tanto internas quanto externas. As medições internas são importantes para avaliar o nível de conforto acústico dos pacientes e da equipe médica, uma vez que um ambiente tranquilo é benéfico para ambos, diminui o estresse físico e mental dos funcionários do hospital e contribui para acelerar a recuperação do paciente (MOUSAVI e SOHRAB, 2018). As medições externas são normalmente tomadas para elaborar mapas acústicos, que são ferramentas úteis para diagnosticar e avaliar o ruído urbano e indicar os níveis de ruído que atingem a fachada hospitalar (FIEDLER e ZANNIN, 2015; ZANNIN e FERRAZ, 2016). Estudos que combinam medições de ruído externos e internos são mais trabalhosos, mas podem descrever melhor os estressores que podem se originar fora de edifícios, como o tráfego de veículos, ou dentro, como equipamentos médicos e conversas altas (ZANNIN e FERRAZ, 2016). Hospitais são ambientes onde os pacientes precisam descansar e se recuperar e, portanto, devem ficar silenciosos dentro e fora (RAMADHAN e TALAL, 2015).

As medições realizadas fora dos hospitais geralmente avaliam o ruído do trânsito gerado por veículos leves, por exemplo, motocicletas e carros, e por veículos pesados, por exemplo, ônibus, caminhões e trens. Os estudos realizados dentro de ambientes hospitalares em locais específicos ou em diversos departamentos estão listados na Figura 3.4.

Figura 3.4 - Ambientes hospitalares e número de estudos realizados



Fonte: Elaborado pelo autor.

A maioria dos estudos disponíveis na literatura que envolviam a medição do ruído dentro dos hospitais, priorizou departamentos onde os pacientes são mais vulneráveis. Do total de estudos realizados internamente, 26% foram realizados em Unidades de Terapia Intensiva (UTIs) neonatais, 22% em diferentes UTIs e 19% em vários locais dentro dos hospitais. Além disso, 22% foram realizados em salas particulares e de espera, 11% em prontos-socorros, centro de infusão e clínica odontológica. Em outra revisão da literatura sobre ruído em hospitais, os autores constataram que 70% dos estudos envolveram medições realizadas em UTIs, e o restante em diferentes departamentos hospitalares (WALLIS et al., 2019).

3.3.6 Métodos de medição sonora e parâmetros usados

A Tabela 3.5 descreve os critérios adotados nos estudos para a instalação do microfone do medidor de nível de som, como altura e distância de superfícies reflexivas, tempo de medição e parâmetros avaliados. A maioria dos estudos examinados nesta revisão usou L_{eq} dB(A) como parâmetro. Outros parâmetros como o L_{max} estão presentes em 39% dos estudos, seguidos por

L_{min} com 27%. Alguns estudos consideram os índices estatísticos mais comumente empregados, como L_5 , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{95} (empregados em aproximadamente 73% dos estudos), e outros menos comuns, como L_1 , L_{70} , L_{30} , L_{33} (utilizado em 12% dos estudos). Destaca-se que 27% dos estudos também realizaram análise de frequência (CARVALHAIS et al., 2015; CHEN, 2015; LAHAV, 2015; AI et al., 2017; GALINDO et al., 2017; SANTOS et al., 2017; BLIEFNICK et al., 2019; LOUPA et al., 2019; HASEGAWA e RYHERD, 2020). Além disso, 30% realizaram análises subjetivas com questionários (CHEN, 2015; OLIVEIRA et al., 2015; VIEIRA et al., 2016; AI et al., 2017; SANTOS et al., 2017; CHO et al., 2019; WU et al., 2019; ZIJLSTRA et al., 2019; ASTIN et al., 2020; TANG et al., 2020), ou usou medidas de tempo de reverberação como R_{T30} , R_{T20} (CHEN, 2015; CHO et al., 2019) ou o *Speech Intelligibility Index* (SII) (BLIEFNICK et al., 2019). A distância das medições da altura do solo variou de 0,75 a 4 m, com alguns estudos instalando microfones no teto ou em objetos para proteger o equipamento, não perturbar a rotina hospitalar ou evitar o efeito *Hawthorne*, permitindo que eles tomem medições de ruído de longo prazo (D'SOUZA et al., 2017; CHO et al., 2019; ZIJLSTRA et al., 2019; ASTIN et al., 2020). Quanto à distância das superfícies reflexivas, 18% dos estudos adotaram 1 m. Os tempos de medição variaram amplamente, entre 2,5 minutos a 52 dias de medição ininterrupta (FILUS et al., 2015; ASTIN et al., 2020), embora 21% dos estudos tenham medições de nível sonoro de 24 horas.

Tabela 3.5 - Altura de instalação do microfone, distância de superfícies reflexivas, tempo de medição e parâmetros avaliados

(continua)

Fonte	Microfone		Tempo	Parâmetros
	Altura (m)	Distancia (m)		
Carvalhais et al. (2015)	1 - 1,65	1	24h	L_{Aeq} , L_{AFmax}
Chen (2015)	1,2	1	15 min	L_{Aeq} , L_{min} , L_{max} , L_5 , L_{95} , L_{10} , L_{90} , L_{70} , L_{30}
Fiedler e Zannin (2015)	1,3	2	10 min	L_{Aeq}
Filus et al. (2015)	-	-	2,5 min	L_{Aeq} , L_{min} , L_{max}
Lahav (2015)	-	-	5 dias	L_{Aeq}
Monazzam et al. (2015)	1,3	3	10, 15, 30 min	L_{Aeq}
Oliveira et al. (2015)	Canto do teto	Lado da cama	3 dias	L_{Aeq}

Fonte	Microfone		Tempo	Parâmetros
	Altura (m)	Distancia (m)		
Galindo et al. (2016)	0,55 do teto	1,23 - 5,4	24h	L_{Aeq} , L_{max} , L_{90}
Luetz et al. (2016)	-	0,40 ao lado da cabeça do paciente, porta e janela	24h	L_{Aeq} , L_{AFmax}
Pirsaheb et al. (2016)	1,5	-	-	L_{Aeq}
Shield et al. (2016)	3 do teto	-	5 - 14 dias	L_{Aeq} , L_{max}
Shoemark et al. (2016)	Perto da cabeceira das camas	-	24h	L_{Aeq} , L_{min} , L_{max}
Vieira et al. (2016)	Altura da orelha dos profissionais	1	8h	L_{Aeq}
Ai et al. (2017)	1,1 - 1,2	-	10 min	L_{Aeq}
Disher et al. (2017)	-	-	24h	L_{Aeq} , L_{max} , L_{10}
D'Souza et al. (2017)	-	0,15 do equipamento hospitalar	1 semana	L_{Aeq} , L_{min} , L_{max} , L_{10}
Galindo et al. (2017)	0,60 do teto	2,15	20 dias	L_{Aeq} , L_{min} , L_{max} , L_{10} , L_{50} , L_{90}
Santos et al. (2017)	1 - 1,65	1	7 dias	L_{Aeq} , L_{Cpeak}
Bevan et al. (2018)	-	-	2 noites	L_{Aeq}
Predrag et al. (2018)	1,7	3	15 min	L_{Aeq} , L_1 , L_{10}
Bliefnick et al. (2019)	1 atrás do paciente	-	1 semana	L_{Aeq} , L_{min} , L_{max} , L_{Cpeak} , L_5 , L_{95} , L_{10} , L_{90} , L_{50}
Cho et al. (2019)	Perto do teto, prateleiras, cama	-	10 min - 22h	L_{Aeq}
Loupa et al. (2019)	0,9 - 1,8	2	8h	L_{Aeq} , L_{min} , L_{max} , L_{10} , L_{95}
Montes-González et al. (2019)	1,5	-	15 min, 14 dias	L_{Aeq}
Terzi et al. (2019)	-	-	24h	L_{Aeq}
Tezel et al. (2019)	4	-	24h	L_{Aeq}
Wu et al. (2019)	1,2 - 1,5	1	5 min	L_{Aeq}
Yildirim e Mayda (2019)	1,5	1	8h	L_{Aeq}

(conclusão)

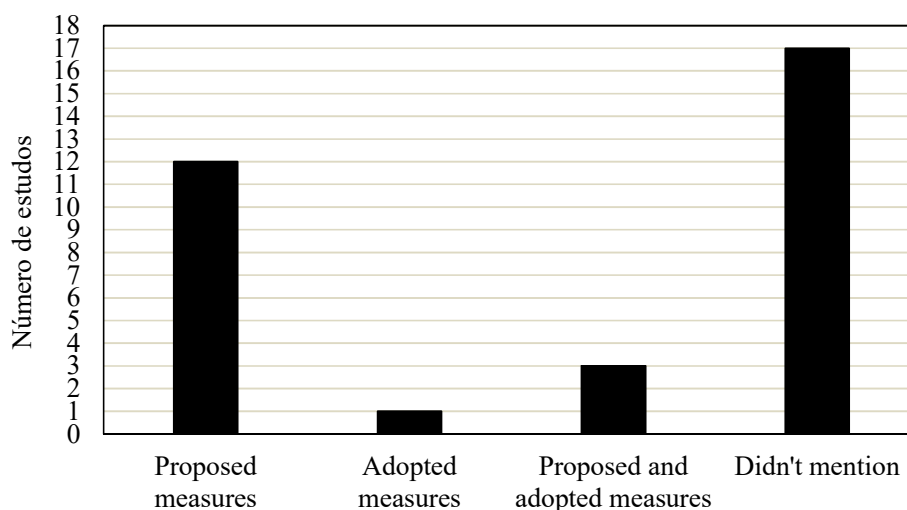
Fonte	Microfone		Tempo	Parâmetros
	Altura (m)	Distancia (m)		
Zijlstra et al. (2019)	No teto	-	4 dias	L_{Aeq} , L_{min} , L_{max}
Astin et al. (2020)	No teto	-	52 dias	L_{Aeq} , L_{max}
García-Rivero et al. (2020)	1,5	3	5 min	L_{Aeq} , L_{min} , L_{max} , L_{Apeak}
Hasegawa e Ryherd (2020)	0,76 acima da cabeça do paciente	-	48h	L_{Aeq} , L_{min} , L_{max} , L_{Cpeak} , L_5 , L_{95} , L_{10} , L_{90} , L_{50} , L_{33}
Tang et al. (2020)	0,75	-	3 min	L_{Aeq}

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.7 Estudos que adotaram/propuseram medidas de mitigação de ruído

Alguns estudos propuseram ou adotaram medidas para mitigar o ruído nos hospitais, conforme indicado na Figura 3.5. Estudos que propuseram medidas para possível mitigação de ruídos nos hospitais representam 36% do total de estudos analisados nesta revisão, enquanto 52% dos estudos não adotaram ou propuseram medidas e apenas realizaram medições sonoras. Estudos que adotaram medidas para fazer comparações "antes e depois" representam 3% do total, enquanto 9% propuseram e adotaram medidas de mitigação de ruído.

Figura 3.5 - Estudos que propuseram ou adotaram medidas de mitigação de ruído



Fonte: Elaborado pelo autor.

Luetz et al. (2016) adotaram medidas de modificação da sala de UTI, obtendo reduções de ruído na ordem de 2,8 dB(A). As principais medidas propostas pelos estudos de redução de ruído nos hospitais envolvem ações preventivas e educativas (FILUS et al., 2015; DISHER et al., 2017; SANTOS et al., 2017; ASTIN et al., 2020), uso de materiais absorventes de som (CHEN, 2015), adoção de barreiras e projetos arquitetônicos (MONAZZAM et al., 2015), simulações (FIEDLER e ZANNIN, 2015; MONTES-GONZALEZ et al., 2019), alterações nos equipamentos, instalações físicas e procedimentos (PIRSAHEB et al., 2016; SHIELD et al., 2016), e mais estudos em diferentes locais e hospitais (HASEGAWA e RYHERD, 2020; GARCIA-RIVERO et al., 2020).

Estudos que propuseram e adotaram medidas de controle de ruído envolveram um programa de treinamento (CARVALHAIS et al., 2015) no qual os níveis de ruído não apresentaram variação após a implementação do programa; uma regra de tempo de silêncio (ZIJLSTRA et al., 2019) cuja implementação levou a uma redução de ruído de 1,1 dB(A); e um ambiente hospitalar tranquilo (BLIEFNICK et al., 2019).

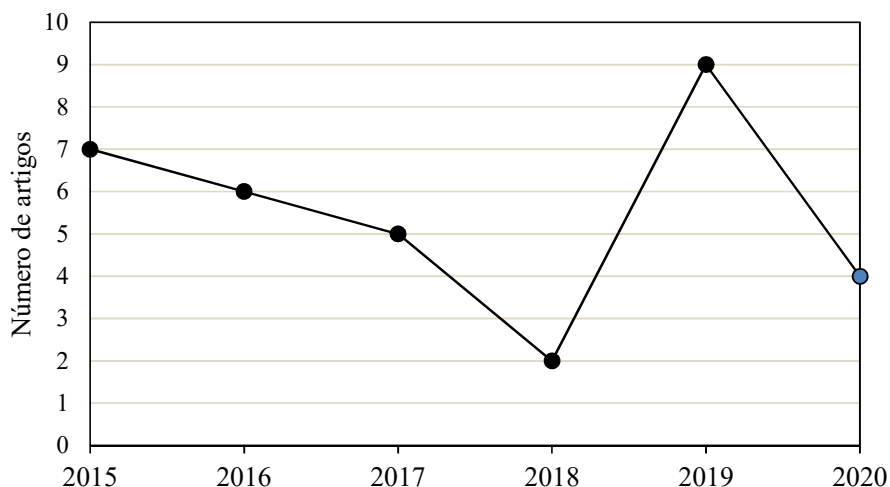
O ruído do tráfego de veículos é o que mais afeta o estilo de vida humano moderno (RUIZ-PADILLO et al., 2016). Mudanças no comportamento do motorista podem contribuir para reduzir os níveis de ruído que atingem as fachadas hospitalares. No entanto, alguns estudos têm indicado que, apesar da redução significativa do número de veículos circulando durante a pandemia COVID-19, as reduções nos níveis de ruído foram menores do que o esperado, fato que é atribuído a alta velocidade de condução dos demais veículos (ASENSIO et al., 2020). Outros fatores que contribuem para os níveis de ruído no trânsito e que merecem atenção são os tipos de pneus (LICITRA et al., 2017) e de pavimentação (PRATICO e ANFOSSO-LÉDÉE, 2012; PRATICO, 2014; LICITRA et al., 2015; LICITRA et al., 2019; DEL PIZZO et al., 2020).

3.3.8 Perspectivas futuras neste campo

As medições sonoras são extremamente importantes para avaliar o nível de exposição a que as pessoas estão submetidas, dado os riscos associados a esse tipo de poluição. Nos hospitais, essas medidas são ainda mais importantes, dada a vulnerabilidade física e emocional dos pacientes e o estresse a que os funcionários do hospital são submetidos diariamente. Assim, trabalhar em situações extremas enquanto sujeito a níveis de ruído superiores aos estabelecidos por leis, normas ou órgãos como a OMS, pode retardar a recuperação dos pacientes e prejudicar o desempenho dos profissionais de saúde (ZANNIN e FERRAZ, 2016; ZANNIN et al., 2019;

BUSCH-VISHNIAC e RYHERD, 2019; LOUPA, 2020). Uma média de 5,5 artigos por ano foram publicados no período estudado nesta revisão, conforme ilustrado na Figura 3.6.

Figura 3.6 - Número de estudos realizados nos últimos seis anos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para melhorar as avaliações de ruído nos hospitais, a pesquisa deve conter o máximo de informações possível, por exemplo, locais onde os equipamentos foram instalados, altura de medição do nível do solo, distância de superfícies reflexivas, tempo de medição, fontes de ruído e período de medição (WALLIS et al., 2019). Como pode ser visto na Tabela 3.5, as informações fornecidas por alguns estudos são insuficientes para uma reprodução ou análise cuidadosa, mesmo aquelas que tomaram medidas por 24 horas ou mais. Estudos publicados em periódicos na área de acústica (por exemplo, Bliefnick et al. (2019); Hasegawa e Ryherd (2020)) oferecem informações mais completas, extraindo a máxima qualidade e diversidade de recursos fornecidos pelos equipamentos utilizados, possibilitando assim a análise de uma série de intervenções e melhorias na qualidade do ambiente. Dada a diversidade de formas de realização dos estudos, talvez seja necessária uma estratégia de padronização mais abrangente para equilibrar os procedimentos de medição de ruído em ambientes hospitalares internos, considerando que as formas de medições de ruído em ambientes externos com validação em mapas garantem resultados mais confiáveis.

3.4 CONCLUSÃO

Diversas revistas científicas publicaram estudos sobre avaliação de ruído ambiental em hospitais, principalmente nas áreas de medicina, engenharia, ciências ambientais, acústica e enfermagem. As áreas de especialização dos autores desses estudos correspondem às das revistas, uma vez que a maioria deles são médicos, enfermeiros e engenheiros. Os estudos estão concentrados principalmente na Europa, Américas e Ásia.

A maioria dos estudos utiliza os níveis de ruído recomendados pela OMS como referência para determinar se os níveis de ruído medidos podem ser prejudiciais à saúde humana no ambiente hospitalar. No entanto, deve-se notar que os níveis recomendados pela OMS são os mais restritivos possíveis, e que os níveis de ruído medidos em praticamente todos os estudos selecionados para esta revisão foram muito maiores. Os níveis de L_{eq} medidos em ambientes hospitalares internos variaram de 37 a 88,6 dB(A) durante o dia e de 38,7 a 68,8 dB(A) à noite, enquanto os níveis de ruído externos foram de 74,3 durante o dia e 56,6 dB(A) à noite.

O foco principal dos estudos foi a parte interna dos hospitais, e a maioria deles fez medições em apenas um hospital. Os departamentos que tratam pacientes mais sensíveis e vulneráveis que requerem maior atenção dos profissionais de saúde, como as UTIs, foram ambientes preferidos para medições de ruído ambiental.

Um número considerável dos estudos apenas indica se os níveis de ruído medidos estão em conformidade com algum padrão ou lei de referência, mas não adotam ou propõem medidas para reduzir os níveis.

Este é um campo de pesquisa com potencial de crescimento. No entanto, há necessidade de uma avaliação mais crítica da qualidade dos estudos, visando avanços científicos e disseminação confiável de informações à comunidade em geral.

4 CAPÍTULO II – NÍVEIS SONOROS E ANÁLISE ESPECTRAL EM AMBIENTES INTERNOS DE TRÊS HOSPITAIS PÚBLICOS DA CIDADE DE SOROCABA, BRASIL

4.1 INTRODUÇÃO

Hospitais são locais destinados ao tratamento, recuperação, descanso e bem estar dos pacientes e onde os funcionários necessitam de concentração para evitar erros. Um ambiente hospitalar saudável reduz o estresse e a fadiga e aumenta a produtividade dos trabalhadores, enquanto que para os pacientes, reduz o estresse, aumenta a segurança e melhora os resultados gerais da saúde (ULRICH et al., 2004). A poluição sonora é considerada como um dos principais fatores de causa de estresse nos pacientes e funcionários dos hospitais (ULRICH et al., 2004), além de afetar significativamente a qualidade do sono dos pacientes (BASNER e McGUIRE, 2018), aumentar a chance de erros médicos (MONTES-GONZÁLEZ et al., 2019) e provocar incômodo aos visitantes e todo o hospital (ZANNIN et al., 2019).

A poluição sonora em hospitais é um problema de longa data que se mantém ao longo dos anos, mesmo com avanço da tecnologia. Busch-Vishniac et al. (2005) verificaram que da década de 60 até o ano de 2005 houve uma tendência consistente de aumento do ruído em hospitais, com acréscimo médio de 0,38 e 0,42 dB(A) por ano no ruído diurno e noturno, respectivamente. Este aumento permanece crescente nos últimos 70 anos, até os dias atuais, em hospitais de todo o mundo com diferentes arquiteturas e tamanhos (BUSCH-VISHNIAC, 2019).

Diversos estudos avaliaram o ruído interno em hospitais (VIEIRA et al., 2016; GALINDO et al., 2017; LOUPA et al., 2019; TANG et al., 2020; ANDRADE et al., 2021) e mostraram que os níveis de pressão sonora geralmente estão acima dos valores recomendados, mesmo em hospitais onde foram realizadas intervenções para redução de ruído (GARSIDE et al., 2018).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) sugere que o nível sonoro equivalente (L_{eq}) interno em hospitais não ultrapasse 30 dB(A) durante o dia e máximo (L_{max}) de 40 dB(A) durante a noite (BERGLUND, 1999). A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (sigla USEPA em inglês) sugere que os níveis sonoros em hospitais não excedam 45 e 35 dB(A) durante dia e a noite respectivamente. Outras instituições, como a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 10.152/2017, sugere que os níveis sonoros não ultrapassem os 35-45 dB(A), dependendo do local do hospital (ABNT, 2017).

Tão importante quanto avaliar se os níveis de pressão sonora estão acima de valores recomendados para um ambiente saudável e silencioso, outros fatores como a frequência sonora, normalmente pouco utilizada na maioria dos trabalhos de medição de ruído em hospitais, descrevem características importantes do som que podem influenciar na saúde das pessoas e podem melhorar a qualidade dos dados (SOUBRA et al., 2018).

Sons de baixa frequência, por exemplo, podem causar desconforto e perturbar o descanso e o sono, mesmo em baixos níveis de pressão sonora (LOUPA, et al., 2019; LOUPA, 2020). Enquanto sons em altas frequências podem induzir a respostas abruptas nas habilidades motoras das pessoas expostas (GALINDO et al., 2017). Por outro lado, medições de ruído que avaliem uma combinação de diferentes períodos do dia em diferentes locais de diferentes hospitais são raras, muitas vezes por implicações administrativas dos hospitais estudados (BAQAR et al., 2017).

Estudos foram realizados avaliando diferentes locais de hospitais brasileiros em diferentes períodos do dia (OTENIO et al., 2007; SAMPAIO NETO et al., 2010; ANDRADE et al., 2016), mas nenhum avaliou mais de um hospital e fez análise em frequência. Filus et al. (2014) fez uma revisão da literatura com 17 trabalhos sobre ruído em hospitais brasileiros e constatou que, apesar da maioria dos estudos verificar o ruído nos três períodos do dia (manhã, tarde e noite), aproximadamente 70% focaram nas UTIs.

Diante deste contexto, este trabalho objetivou avaliar os níveis de pressão sonora diurno e noturno em três dos principais hospitais públicos do município de Sorocaba, São Paulo, Brasil. Locais distintos foram analisados nos hospitais a fim de descrever o comportamento geral do ruído interno em função das diferentes atividades e layouts. Adicionalmente a análise em frequência em 1/3 de oitava foi realizada em todos os setores estudados.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Material

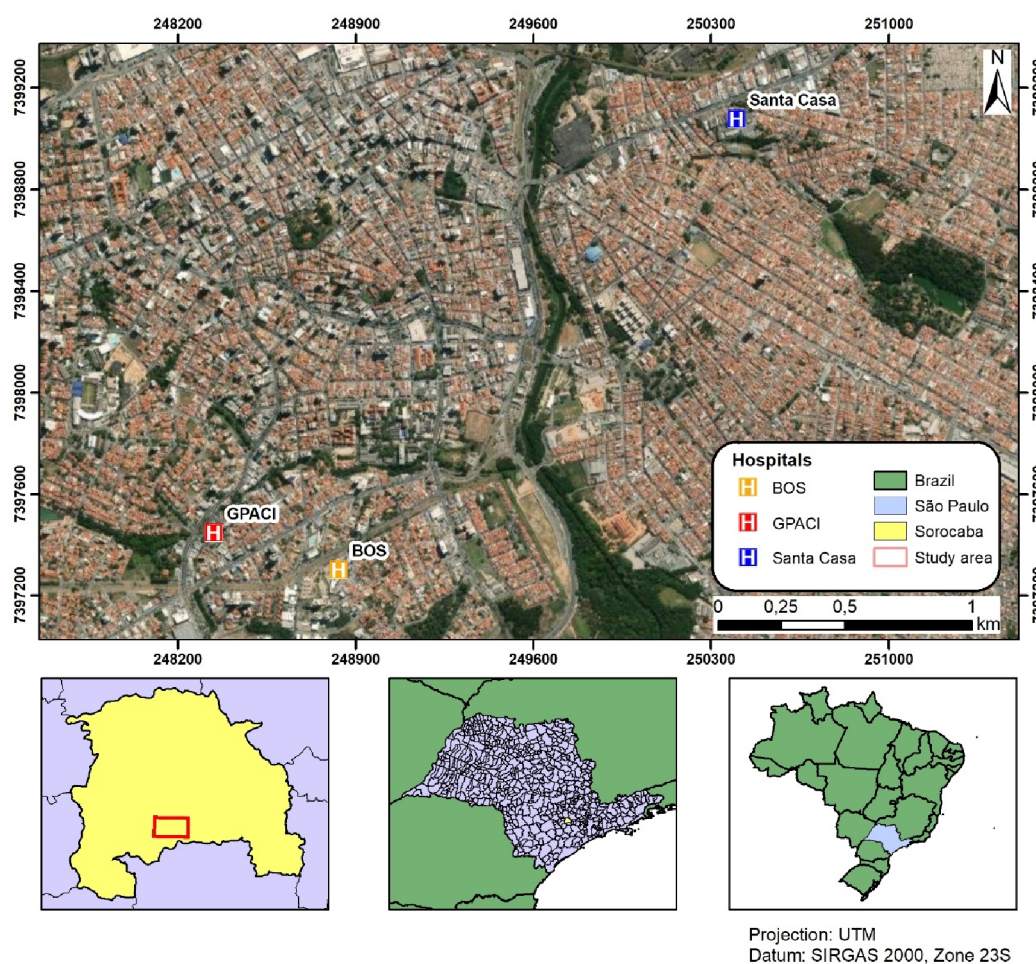
Utilizou-se nas medições de níveis sonoros o medidor de nível de pressão sonora modelo 2260 e calibrador acústico modelo 4231, ambos classe 1 da Brüel & Kjær; trena de cinco metros; tripé com altura de regulável em até 1,30 m; fonte de alimentação externa 110/220 V e extensão elétrica de quinze metros.

4.2.2 Área de estudo

4.2.2.1 Cidade de Sorocaba-SP

O município de Sorocaba fica no interior do estado de São Paulo a aproximadamente 100 km da capital. Possui cerca de 679.378 habitantes (estimativa do ano de 2019), nono maior número dos 645 municípios do estado (IBGE, 2020). Por sua representatividade, detém vários estabelecimentos de saúde e alguns deles são referência nacional, como o Hospital Oftalmológico de Sorocaba, e regional como o Hospital do Grupo de Pesquisa e Assistência ao Câncer Infantil e Hospital Santa Casa de Misericórdia de Sorocaba, todos de natureza filantrópica. Na Figura 4.1 pode-se verificar a localização da cidade e dos hospitais estudados.

Figura 4.1 - Localização da cidade de Sorocaba e dos hospitais estudados



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.2.2 Hospitais estudados

Hospital Oftalmológico de Sorocaba (Banco de Olhos de Sorocaba - BOS): a ideia da construção iniciou-se em meados de 1990 e o hospital foi inaugurado em novembro de 1995. Em média, realiza 32.000 atendimentos mensais (70% público pelo Sistema Único de Saúde – SUS e 30% convênio/particular) e a especialidade de atendimento são nas áreas de oftalmologia e otorrinolaringologia, incluindo suas subespecialidades. O hospital possui 10 quartos e 16 leitos com perfil “*day clinic*”, onde poucos casos são de internação. O BOS é referência nacional para o transplante de córneas pelo SUS e, para as demais subespecialidades, é contratado por Sorocaba e mais 47 municípios da região (Departamento Regional de Saúde – DRS XVI - Sorocaba). Em atendimentos de convênio e particulares, recebe pacientes de todo o Brasil. Dentro do BOS também há uma escola de ensino infantil destinada aos filhos dos funcionários e ensino público.

Hospital do Grupo de Pesquisa e Assistência ao Câncer Infantil – GPACI: teve sua fundação em 1983 e a construção do hospital foi realizada em 1992. Trata-se de um hospital pediátrico (especialidades clínica, cirúrgica e oncológica), sendo referência oncológica nos 48 municípios atendidos pelo hospital (DRS XVI – Sorocaba) e em pediatria clínica e cirúrgica para a cidade de Sorocaba. Atende em média 700 pacientes por semana (60% provenientes do SUS e 40% de Operadoras de Planos de Saúde). Possui 64 leitos (30 na pediatria, 26 na oncologia e 08 na UTI), padrão de 02 leitos por quarto.

Hospital Santa Casa de Misericórdia de Sorocaba – Santa Casa: fundado em 1803, sendo a reforma e entrega realizada em março de 1846, com ampliações e melhorias sendo feitas até os dias atuais, realiza internações de 1145 pacientes, em média, por mês. Atende exclusivamente pacientes do SUS, de Sorocaba e das cidades que integram a DRS XVI – Sorocaba, oferecendo atendimento de saúde especializado de média e alta complexidade, atendimento de urgência e emergência, cirurgias eletivas e tratamentos clínico-cirúrgicos especializados, incluindo tratamento oncológico. Possui 227 leitos e 70 quartos.

4.2.3 Métodos

4.2.3.1 Escolha dos pontos dentro dos hospitais

Os locais para realização das medições dos níveis sonoros, dentro de cada hospital, foram selecionados de acordo com a indicação dos próprios funcionários e responsáveis dos setores, com a percepção de que aquele local seria mais ruidoso. Após indicação dos pontos por parte dos funcionários, realizou-se visita prévia para verificar se havia possibilidade de alocação dos equipamentos e se as medições não atrapalhariam a rotina de funcionamento dos respectivos setores hospitalares.

4.2.3.2 Medições internas

As medições foram realizadas durante os meses de abril, maio e junho de 2019, seguindo-se as recomendações da norma NBR 10.152 (ABNT, 2017). Na Tabela 4.1 verifica-se os valores máximos de níveis sonoros recomendados pela NBR 10.152 para alguns locais do hospital e valores recomendados pela WHO. O medidor de nível de pressão sonora foi regulado no tempo de resposta rápido (*fast*), circuito de ponderação “A” (que melhor representa o nível de detecção do ser humano) e a banda de medição foi ajustada na escala de 20 a 120 dB. Os níveis sonoros medidos foram o L_{Aeq} , L_{Amin} , L_{Amax} e L_{Apeak} , além da análise de frequência (1/3 de oitava).

Tabela 4.1 – Níveis sonoros recomendados pela NBR 10.152 e WHO

Pontos do hospital	Valores WHO em dB		Valores NBR 10.152 em dB
	Dia	Noite	
Ambientes internos	30*	40**	-
Enfermaria	30*	30*	40*
Quartos	30-35*	30-35*	35-40*
Berçário	-	-	35*
Centro cirúrgico	-	-	35*
Clinica	-	-	35*
Laboratórios	-	-	45*
Sala de espera	-	-	45*

Fonte: Adaptado de Berglund (1999) e NBR 10.152 (2017).

Legenda: * L_{Aeq} ; ** L_{Amax} .

Em cada local dos hospitais estudados, as medições foram realizadas em triplicada ($n=3$) em diferentes dias da semana (de segunda a sexta), durante 15 minutos cada medição, nos períodos diurno (entre 7h00-18h00) e noturno (entre 22h00-6h00). De acordo com a Lei do Silêncio de Sorocaba, Lei Ordinária 11.367 (PMS, 2016) o período diurno é compreendido entre 6h00 e 22h00 e o período noturno entre 22h00 e 6h00.

Para não influenciar nos resultados, nenhuma medição foi realizada em condições ambientais adversas, como vento e chuva. Evitou-se informar aos funcionários e pacientes dos setores avaliados o real interesse da pesquisa, reduzindo a interferência na rotina do hospital.

4.2.3.3 Análises estatísticas

Para comparar se houve variação entre as médias dos níveis sonoros L_{Aeq} , L_{Amax} , L_{Amin} , L_{Apeak} dos hospitais durante o dia e a noite, utilizou-se o teste One-way ANOVA seguido do teste Tukey's para verificar entre quais hospitais haveria possíveis diferenças. A normalidade na distribuição dos dados foi verificada através do teste Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias para as médias por meio do teste de Levene. A diferença do período diurno e noturno em cada hospital foi verificada utilizando o Teste t de Student. O nível de significância adotado foi de $\alpha = 0,05$ (p-valor) e o software utilizado para as análises estatísticas foi o PAST versão 4.03 (HAMMER et al., 2001).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Principais fontes de ruídos observadas

No Quadro 4.1 observa-se que no BOS, durante o dia, todos os locais continham pessoas conversando e a noite apenas quando o ambiente estava fechado não havia conversas. O mesmo ocorreu no GPACI com exceção da cozinha à noite, com reduzido número de funcionários neste período não foi observado conversas entre eles. Na Santa Casa as exceções são o NEPS (durante o dia) onde o ruído gerado pelos equipamentos de ar condicionado se sobressaem ao das conversas dos funcionários, por se tratar de um ambiente administrativo, e o corredor de acesso ao estacionamento e área externa depósito manutenção (locais próximos), onde há predominância de ruído gerado pela passagem de veículos dentro do hospital.

Quadro 4.1 - Pontos de medição e principais fontes de ruído observadas

(continua)

	Ponto de medição	Dia	Noite	Nota
BOS	Recepção SUS	Conversa de pacientes e funcionários; ar-condicionado	Conversa de pacientes e funcionários; ar-condicionado; TV	Número reduzido de pacientes à noite

	Ponto de medição	Dia	Noite	Nota
	Recepção da otorrinolaringologia	Conversa de pacientes; ruídos de lanchonete próxima	Conversa de pacientes; manuseio de objetos por funcionários	Número reduzido de pacientes à noite
	Recepção plano de saúde	Conversa de pacientes e funcionários; painel de senha	Conversa de pacientes e funcionários; telefone; máquina de refrigerante; fluxo de veículos externos	Número reduzido de pacientes à noite
	Agendamento SUS	Conversa do paciente; painel de senha; fluxo de veículos externos e internos	Conversa de pacientes e funcionários; TV; fluxo de veículos externos e internos	Número reduzido de pacientes à noite
	Lavanderia	Conversa de funcionários e máquinas	Ar condicionado ao lado da lavanderia	Sem empregados trabalhando à noite
	Corredor interno da escola BOS	Conversa de crianças e funcionários; máquinas de cozinha / equipamentos	Freezer; data center; bebedouro; fluxo de veículos externos	A escola está fechada à noite
	Área coberta do <i>playground</i> da escola BOS	Conversa de crianças e funcionários; máquinas de cozinha / equipamentos	Freezer; fluxo externo do veículos; central de ar comprimido	A escola está fechada à noite
	Área externa da escola BOS	Conversa de crianças; fluxo de veículos externos	Fluxo externo do veículos; central de ar comprimido	A escola está fechada à noite
GPACI	Espaço da família	Conversa de pacientes e funcionários, crianças com brinquedos		Não funciona a noite
	Cozinha	Conversa com funcionários, manipulação de alimentos, bater objetos (panelas, bandejas)	Manuseio de objetos por funcionários, freezers e geladeiras	Número reduzido de funcionários à noite
	Recepção central	Conversa e fluxo de pacientes e funcionários	Conversa e fluxo de pacientes e funcionários; TV; cortina de ar; manipulação de objetos	
	UTI infantil	Visitas de conversa; equipamento médico (monitor cardíaco, medidor de fluxo, aspirador); criança chorando	Conversa; equipamento médico (monitor cardíaco, medidor de fluxo, aspirador; inalador)	
	Laboratório clínico	Conversa de funcionários; equipamentos (centrífuga, aparelho bioquímico); telefone	Conversa de funcionários; manipulação de objetos; equipamentos de	

	Ponto de medição	Dia	Noite	Nota
			bioquímica e hematologia; impressora	
	Observação clínica	Conversa de funcionários; ar condicionado; monitor cardíaco	Conversa de funcionários; monitor cardíaco; bebê chorando	
	Lavanderia	Conversa de funcionários; máquinas (lavadora, centrífuga, secadora)	Fluxo externo do veículo; música no bar ao lado do hospital	Lavanderia não funciona a noite
	Quimioterapia	Conversa de funcionários, pacientes e visitantes; TV		Vazio a noite
	Internação pediátrica	Conversa de funcionários e pacientes; <i>call center</i> / telefones; crianças chorando	Conversa de funcionários e pacientes; <i>call center</i> / telefones	
SANTA CASA	Recepção central	Conversa de funcionários e pacientes; Telefones	Conversa de funcionários e pacientes; fluxo de pessoas; fluxo de veículos externos	
	Recepção ortopedia	Conversa de funcionários e pacientes; ar condicionado; painel de chamada	Conversa de funcionários e pacientes externamente; fluxo de veículos externos	Vazio à noite
	Entrada oncologia	Conversa de pacientes; fluxo externo do veículo; abertura de porta	Fluxo externo de veículos	Vazio à noite
	Espera oncologia	Conversa de funcionários e pacientes; TV; ar condicionado; painel de senha	Fluxo externo de veículos	Vazio à noite
	Sala de quimioterapia	Conversa de funcionários; TV; ar condicionado		Sala vazia à noite; 13 cadeiras e 2 macas
	Corredor de entrada UTI adultos	Ar condicionado central; portas de abertura, conversa de funcionários	Ar condicionado central; abertura de porta, conversa de funcionários	
	UTI adulto	Equipamento médico; conversa de funcionários	Equipamento médico; conversa de funcionários; TV; abertura de porta	Total de 20 leitos e uma estação central de enfermagem
	Corredor nutrição	Abertura da porta; carrinhos passando; funcionários e pacientes falando	Conversa de funcionários e pacientes; abertura de porta	Ao lado de quartos de pacientes

(conclusão)

	Ponto de medição	Dia	Noite	Nota
	Enfermagem/ Internação 3	Conversa de pacientes e funcionários; ar condicionado	Conversa de funcionários e pacientes; abertura de portas; passagem de carrinho	Ao lado de quartos de pacientes
	Sala de imobilização	Conversa de funcionários; ar condicionado; serra de gesso	Conversa de funcionários e pacientes; manipulação de objeto	
	NEPS	Equipamento de ar condicionado no corredor lateral; ventilador	Equipamento de ar condicionado no corredor lateral	Vazio a noite
	Corredor da área de serviço	Conversa de funcionários; passagem de carrinho	Ar condicionado externo; conversa de funcionários; passagem de carrinho	
	Corredor de acesso ao estacionamento	Passagem de veículos para o estacionamento; compressor	Conversa de funcionários; passagem de carrinho; veículos passando; gerador	
	Área externa depósito manutenção	Passagem de veículos para o estacionamento; gerador	Passagem de carrinho de lixo; passagem de veículos; gerador	

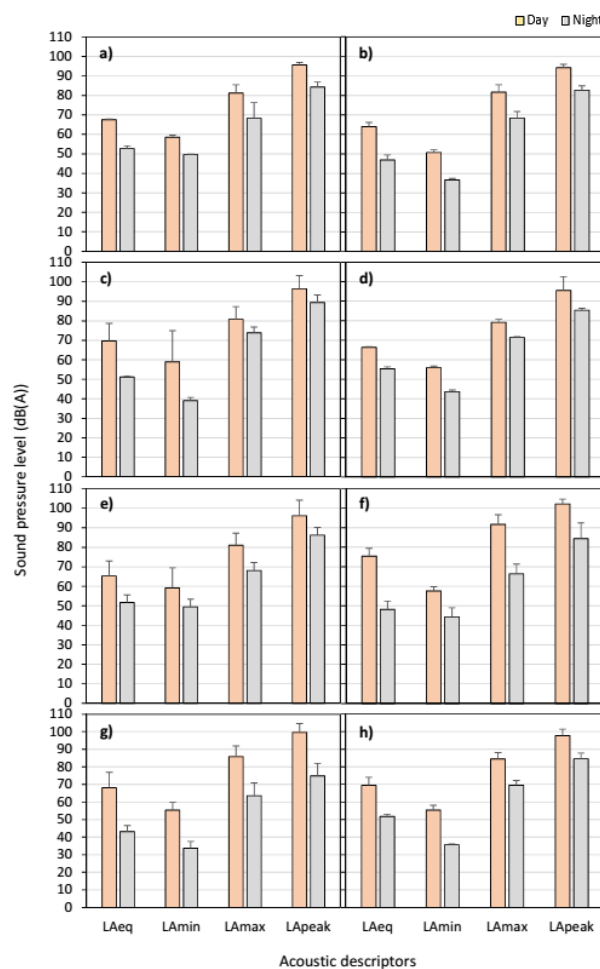
Fonte: Elaborado pelo autor.

De maneira geral verificou-se uma combinação de sons de várias fontes e atividades dentro dos hospitais, diferindo entre os setores e o período do dia, no entanto, existe concordância entre a principal fonte de ruído observada neste estudo com o relatado na literatura, que são as conversas (JERLEHAG et al., 2018; LOUPA et al., 2019; LOUPA, 2020), além de outras fontes representativas, como ruído de equipamentos hospitalares e atividades dos funcionários (SHIELD et al., 2016; SANTOS et al., 2017; BUSCH-VISHNIAC, 2019; SAWYER et al., 2020).

4.3.2 Níveis sonoros e análise espectral

Na Figura 4.2 verifica-se os níveis sonoros para o BOS durante o dia e a noite.

Figura 4.2 - Níveis sonoros e espectro de frequência BOS dia



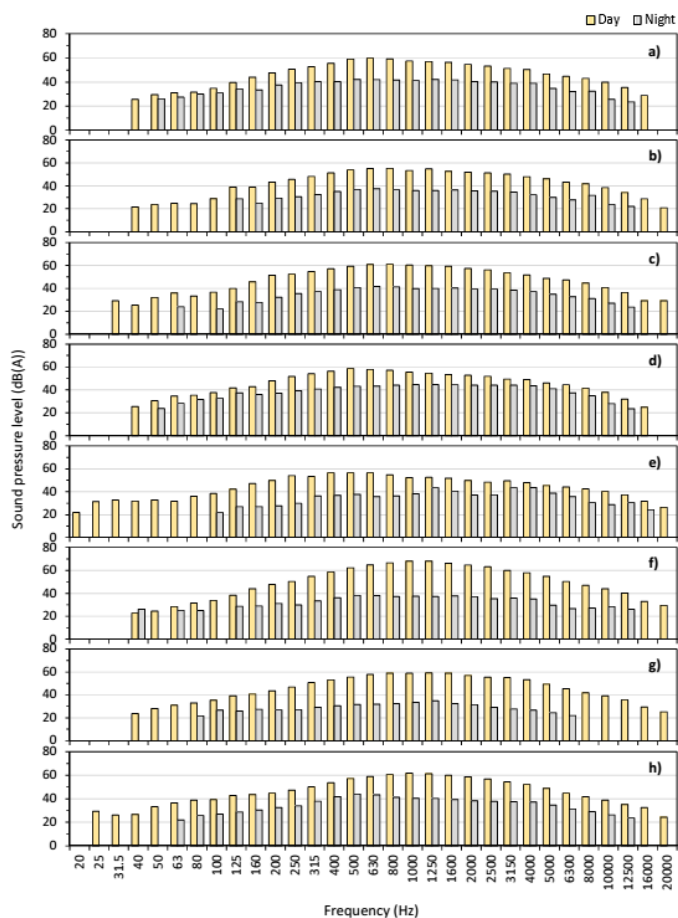
Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: a) Recepção SUS; b) Recepção da otorrinolaringologia; c) Recepção plano de saúde; d) Agendamento SUS; e) Lavanderia; f) Corredor interno da escola BOS; g) Área coberta do *playground* da escola BOS; h) Área externa da escola BOS.

No BOS, os valores de L_{Aeq} ultrapassaram aqueles recomendados pela WHO para ambientes internos (Tabela 4.1), mesmo nos pontos onde não haviam pessoas durante a noite (Figura 4.2e-4.2h), variando de $64 \pm 2,1$ a $75,4 \pm 4$ dB(A) para o dia e $43,2 \pm 3,5$ a $55,4 \pm 0,9$ dB(A) para a noite. Os valores mínimo e máximo foram de $50,7 \pm 1,4$ a $91,8 \pm 4,8$ com pico de $102,2 \pm 2,4$ dB(A) durante o dia e $33,7 \pm 3,9$ a $73,8 \pm 3$ com pico de $89,4 \pm 3,8$ dB(A) durante a noite.

O espectro de frequência nos pontos avaliados no BOS durante o dia e a noite podem ser vistos na Figura 4.3.

Figura 4.3 - Espectro de frequência no BOS durante o dia e a noite



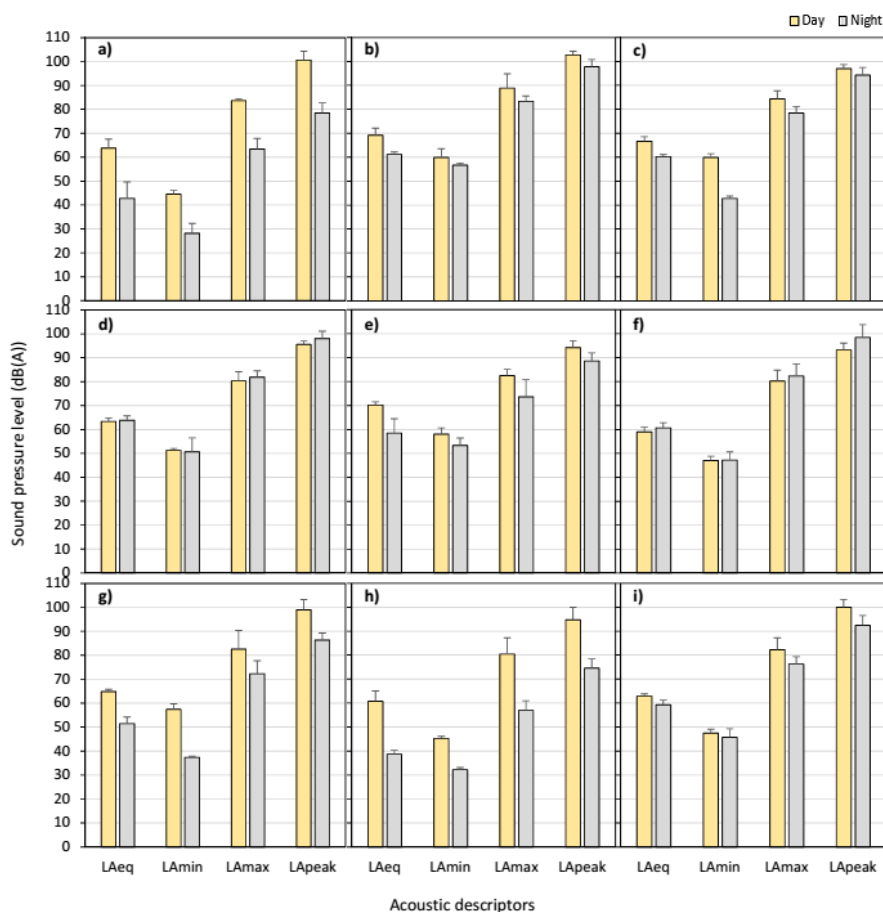
Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: a) Recepção SUS; b) Recepção da otorrinolaringologia; c) Recepção plano de saúde; d) Agendamento SUS; e) Lavanderia; f) Corredor interno da escola BOS; g) Área coberta do *playground* da escola BOS; h) Área externa da escola BOS.

O espectro de frequência abrangeu faixas baixas, médias e altas para o dia e durante a noite faixas baixas, médias e altas (Figura 4.3a, 4.3d) e médias e altas (demais pontos).

Para o hospital GPACI, observa-se na Figura 4.4 os valores dos níveis sonoros.

Figura 4.4 - Níveis sonoros para o GPACI durante o dia e noite



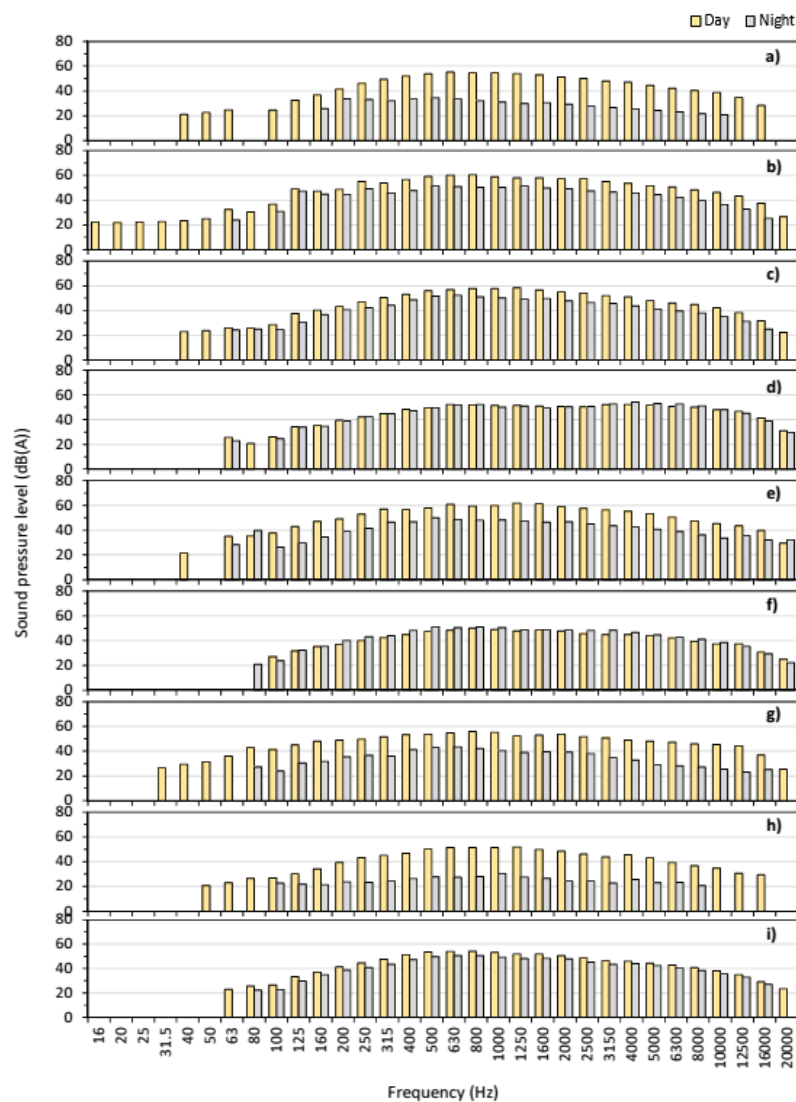
Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: a) Espaço da família; b) Cozinha; c) Recepção central; d) UTI infantil; e) Laboratório clínico; f) Observação clínica; g) Lavanderia; h) Quimioterapia; i) Internação pediátrica.

Verificou-se que, assim como para o BOS, no GPACI os valores medidos de L_{Aeq} ultrapassaram os valores recomendados pela WHO para ambientes internos e, no caso do laboratório clínico, os valores ultrapassaram os limites estabelecidos na NBR 10.152/2017, durante o dia e a noite, mesmo nos ambientes fechados ou com quantidade reduzida de funcionários durante a noite. Os valores de nível de pressão sonora equivalente variaram de $58,9 \pm 2$ a $70,2 \pm 1,3$ dB(A), valores mínimo, máximo e pico foram de $44,6 \pm 1,5$ a $59,9 \pm 1,6$, $80,2 \pm 4,5$ a $88,9 \pm 5,9$ e $93,2 \pm 2,9$ a $102,7 \pm 1,6$ dB(A) respectivamente durante o dia. Os valores de L_{Aeq} , L_{Amin} , L_{Amax} e L_{Apeak} durante a noite variaram de $38,7 \pm 1,6$ a $63,9 \pm 1,8$, $28,2 \pm 4,1$ a $56,7 \pm 0,9$, $56,9 \pm 4,1$ a $83,3 \pm 2,3$, $74,5 \pm 3,9$ a $98,4 \pm 5,4$ dB(A).

Na Figura 4.5 tem-se o espectro de frequência no GPACI para os pontos estudados durante o dia e a noite.

Figura 4.5 - Espectro de frequência para o GPACI durante o dia e noite



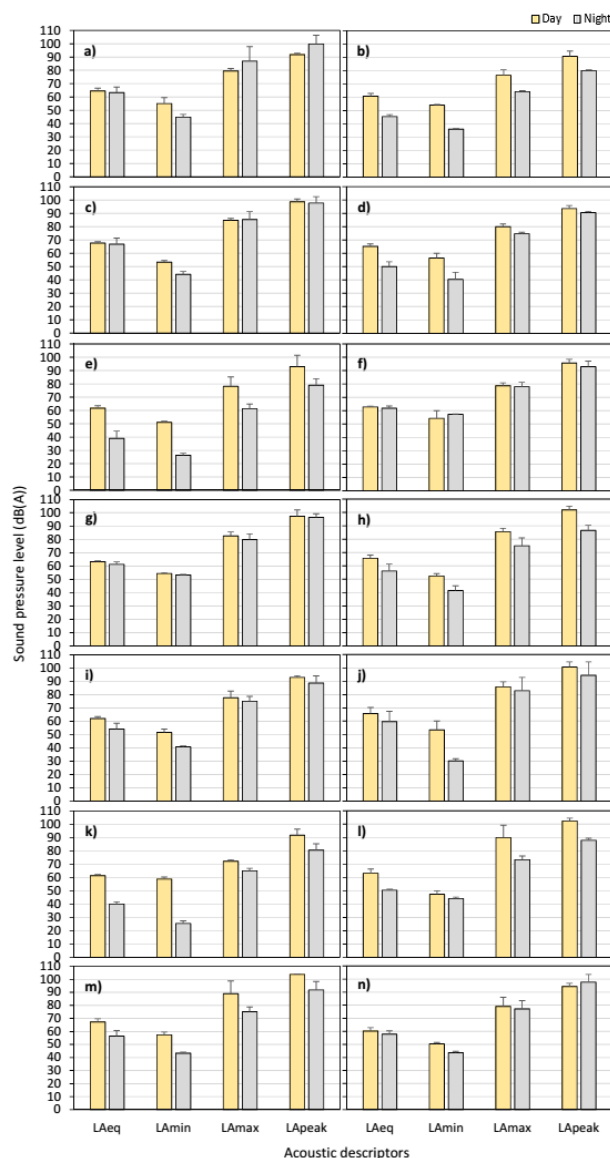
Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: a) Espaço da família; b) Cozinha; c) Recepção central; d) UTI infantil; e) Laboratório clínico; f) Observação clínica; g) Lavanderia; h) Quimioterapia; i) Internação pediátrica.

As faixas de frequência foram baixas, médias e altas durante o dia e médias (Figura 4.5a, 4.5h), baixas, médias e altas (demais pontos) durante a noite.

Na Figura 4.6 para a Santa Casa, tem-se os valores medidos para o dia e para a noite.

Figura 4.6 - Níveis sonoros na Santa Casa durante o dia e noite



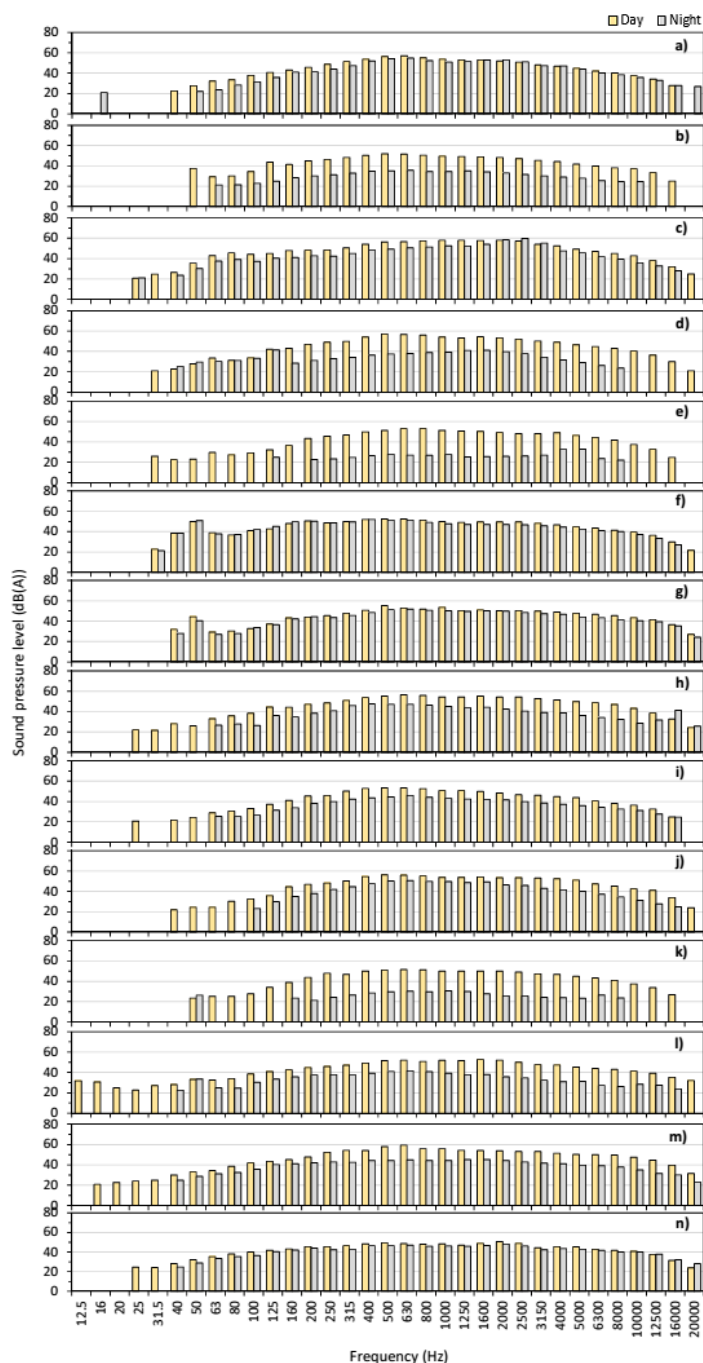
Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: a) Recepção central; b) Recepção ortopedia; c) Entrada oncologia; d) Espera oncologia; e) Sala de quimioterapia; f) Corredor entrada UTI adultos; g) UTI adultos; h) Corredor nutrição; i) Enfermagem/ internação 3; j) Sala de imobilização; k) NEPS; l) Corredor da área de serviço; m) Corredor de acesso ao estacionamento; n) Área externa depósito manutenção.

Todos os valores medidos de L_{Aeq} durante o dia na Santa Casa ultrapassaram aqueles recomendados pela WHO, variando de $60,3 \pm 2,5$ a $67,7 \pm 1,1$ dB(A), com valor mínimo de $47,4 \pm 2,7$ a $58,8 \pm 1,5$ dB(A), máximo $72,1 \pm 1,3$ a $89,9 \pm 9,3$ dB(A) e pico de $90,6 \pm 4$ a $103,6$ dB(A). Durante a noite os valores de L_{Aeq} foram superiores aos recomendados pela WHO, mesmo em ambientes que ficam sem funcionários e pacientes (Figura 4.6b-4.6e, 4.6k), estando entre $39,1 \pm 5,4$ a $66,9 \pm 4,6$ dB(A). L_{Amin} , L_{Amaz} e L_{Apeak} foram, respectivamente, $25,4 \pm 2$ a $57,2 \pm 0,3$, $61,4$

$\pm 3,5$ a $86,9 \pm 10,9$, $79,1 \pm 4,8$ a $99,8 \pm 6,6$ dB(A). Na Figura 4.7 verifica-se o espectro de frequência para a Santa Casa.

Figura 4.7 - Espectro de frequência para a Santa Casa durante o dia e noite



Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: a) Recepção central; b) Recepção ortopedia; c) Entrada oncologia; d) Espera oncologia; e) Sala de quimioterapia; f) Corredor entrada UTI adultos; g) UTI adultos; h) Corredor nutrição; i) Enfermagem/ internação 3; j) Sala de imobilização; k) NEPS; l) Corredor da área de serviço; m) Corredor de acesso ao estacionamento; n) Área externa depósito manutenção.

O espectro variou de baixas, médias a altas frequências durante o dia. Para o período noturno variou de alta (Figura 4.7e), média a alta (Figura 4.7b, 4.7k) e baixa, média a alta (demais pontos).

De maneira geral, todos os hospitais apresentaram valores de nível de pressão sonora equivalente acima do recomendado pela WHO e NBR 10.152/2017 nos pontos medidos, tanto para o dia quanto para a noite, mesmo os hospitais apresentando diferentes períodos de construção, características setoriais e fluxo de trabalho.

Em um estudo realizado em dois dos maiores hospitais do Reino Unido em cinco enfermarias, sendo três em um hospital e duas em outro, verificou-se que os valores de L_{Aeq} ultrapassaram os valores estabelecidos pela WHO, tanto para o dia quanto para a noite (variando de 52-57,2 dB para o dia e 44,1-49,4 dB para a noite), e os autores destacaram que os níveis de ruído eram mais baixos nas construções mais recentes associadas ao design mais espaçoso de corredores e baias de cama (SHIELD et al., 2016).

Em outro estudo os autores avaliaram vinte e sete locais, dentro e fora de um hospital no norte da Índia, e constaram que o ruído esteve acima dos limites indianos (50 dB dia e 40 dB noite) e da WHO, para o dia e para a noite (RAVINDRA et al., 2016). Loupa et al. (2019) avaliaram o ruído em dez diferentes locais de um hospital geral de Kavala, Grécia, e verificaram uma variação no L_{Aeq} de 55 a 80 dB(A), com valor mínimo variando de 41 a 66 e máximo de 83 a 99 dB(A), no entanto os autores realizaram apenas medições durante o dia.

Outro estudo realizado somente durante o dia avaliou vinte e um pontos dentro de um hospital público da cidade de Curitiba, Brasil, e os valores de L_{Aeq} variaram de 54,8 a 66,8 dB(A), ultrapassando os limites da norma brasileira NBR 10.152 (ZANNIN e FERRAZ, 2016). Na mesma cidade de Curitiba, em outro hospital, um estudo foi realizado avaliando o ruído em dez diferentes locais internos, durante o dia, tarde e noite, sendo o L_{Aeq} diurno medido variando de 56,6-64,7 dB(A) e noturno de 59-68,8 dB(A), valores acima da recomendação nacional e WHO (FILUS et al., 2015).

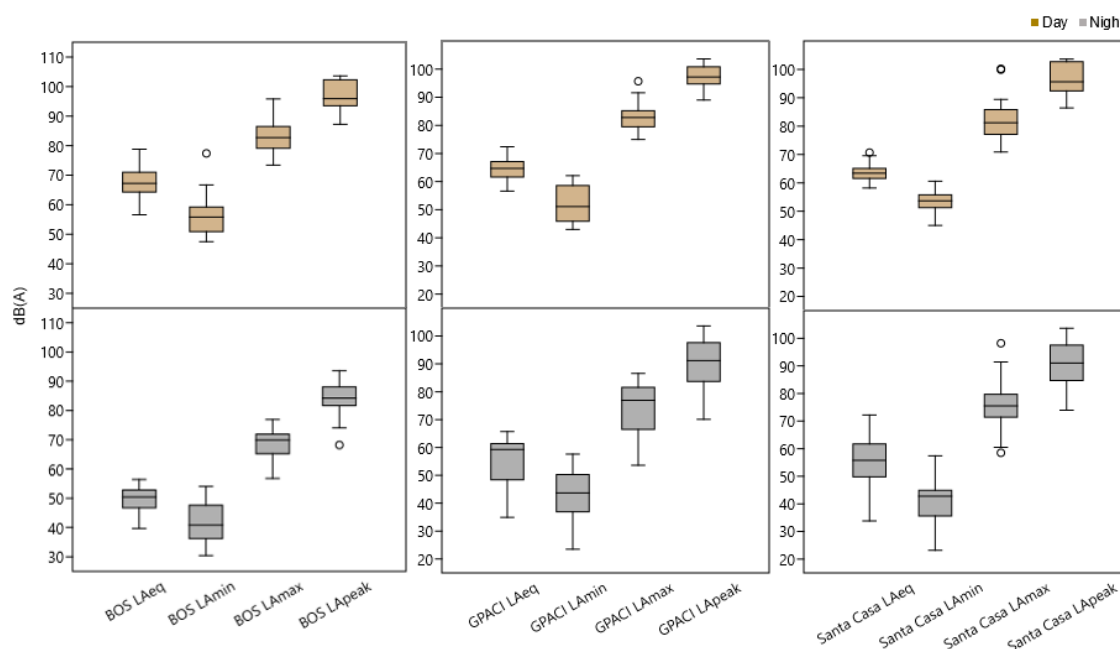
A respeito do espectro de frequência, nos pontos avaliados em todos os hospitais neste trabalho verificou-se um amplo espectro, abrangendo faixas baixas, médias e altas (considerando 30 dB(A)), com exceção dos pontos fechados durante a noite ou com pouca atividade (Figura 4.3, Figura 4.5, Figura 4.7). Este amplo espectro pode ser explicado em função da contribuição de diferentes fatores nos ambientes internos, como funcionários e pacientes conversando, equipamentos médicos, manipulação de objetos, etc.

Os níveis de L_{Aeq} mais elevados no BOS durante o dia situam-se na faixa de 400-1600 Hz e durante a noite de 500-1600 Hz em média (Figura 4.3). No GPACI a maior contribuição

para o dia vai de 315-4000 Hz e a noite de 400-5000 Hz (Figura 4.5). Na Santa Casa as faixas vão de 400-2500 para o dia e para a noite (Figura 4.7). Os valores corroboram com o relato da literatura, onde há predominância de bandas entre 500-1000 Hz, atribuído a ambientes com muita conversa de pacientes e funcionários (BUSCH-VISHNIAC et al., 2005; KELLAM e BATHIA, 2008; CARVALHAIS et al., 2015), enquanto que frequências mais altas podem estar associadas a alarmes e equipamentos médicos móveis (BUSCH-VISHNIAC et al., 2005). LAHAV (2015) avaliou o ruído ambiental e a frequência em uma UTI neonatal e constatou que os bebês foram expostos a significativamente mais frequências de som na faixa da fala humana (501-3150 Hz) durante o dia quando comparado com a noite.

Verifica-se na Figura 4.8 a variação dos níveis sonoros para os hospitais durante o dia e durante a noite. A menor variação para o L_{Aeq} durante o dia foi na Santa Casa ($60,3 \pm 2,5 - 67,7 \pm 1,1$ dB(A)) e durante a noite no BOS ($43,2 \pm 3,5 - 55,4 \pm 0,9$ dB(A)). L_{Amin} teve a menor variação na Santa casa ($47,4 \pm 2,7 - 58,8 \pm 1,5$ dB(A)) durante o dia e a noite no BOS ($33,7 \pm 3,9 - 49,6 \pm 0,2$ dB(A)). Para o L_{Amax} a menor variação foi no GPACI ($80,2 \pm 4,5 - 88,9 \pm 5,9$ dB(A)) e BOS ($63,6 \pm 7,3 - 73,8 \pm 3$ dB(A)) para o dia e noite respectivamente. Durante o dia e a noite, para L_{Apeak} a menor variação foi no BOS ($94,2 \pm 1,6 - 102,2 \pm 2,4$ dB(A) e $74,9 \pm 7,1 - 89,4 \pm 3,8$ dB(A) respectivamente).

Figura 4.8 - Boxplots dos níveis de ruído dos hospitais durante o dia e a noite



Fonte: Elaborado pelo autor.

No trabalho de Baqar et al. (2017) os autores verificaram variação de L_{Aeq} 62,9-73,8 dB(A) para o período diurno nos setores de emergência, área de espera, UTI, sala de enfermaria e recepção de 20 hospitais públicos de Lahore, Paquistão, não realizando medições noturnas pela não autorização da maioria das administrações dos hospitais.

4.3.3 Análise estatística

Os resultados das análises estatísticas constam na Tabela 4.3. Verificou-se com o teste One-way ANOVA que, entre os hospitais, houve diferença significativa apenas para o L_{Aeq} ($p < 0,05$) durante o dia que, por meio do teste Tukey pareado, mostrou a diferença entre o BOS e a Santa Casa. Dada a complexidade e variedade dos atendimentos feitos na Santa Casa em relação ao BOS, além da dinâmica das atividades hospitalares, da idade das construções e diferentes layouts, são fatores que podem explicar a diferença nos níveis sonoros (LUETZ et al., 2016; SHIELD et al., 2016).

Para cada hospital, o teste T mostrou que há diferença significativa entre os períodos diurno e noturno ($p < 0,05$), destacando a influência entre a dinâmica dentro dos setores estudados e o período do dia. O mesmo foi relatado no trabalho de Galindo et al. (2016), que avaliaram o ruído em três diferentes UTIs (recém nascidos, pediátrica e adultos) de um hospital público de Santa Marta, Colômbia, como a hora do dia sendo a variável com maior influência nos níveis de ruído encontrados.

Tabela 4.2 - Síntese dos resultados das análises estatísticas

(continua)

	Comparação entre os hospitais							
	Dia				Noite			
	ANOVA	Levene	Shapiro Wilk	Tukey's	ANOVA	Levene	Shapiro Wilk	Tukey's
L_{Aeq}	.0085	.52	W=.98/.79	BxG=.0507 BxS=.007 GxS=.81	.35	.082	W=.92/.036	BxG=.38 BxS=.43 GxS=.97
L_{Amin}	.13	.00023 (Welch=.07)	W=.97/.69	BxG=.13 BxS=.28 GxS=.77	.71	.61	W=.92/.54	BxG=.85 BxS=.98 GxS=.70
L_{Amax}	.57	.085	W=.94/.086	BxG=.97 BxS=.59 GxS=.72	.12	.11	W=.93/.074	BxG=.26 BxS=.11 GxS=.93
L_{Apeak}	.75	.059	W=.94/.13	BxG=.98 BxS=.86 GxS=.76	.11	.071	W=.93/.054	BxG=.20 BxS=.11 GxS=.98

Comparação entre o mesmo hospital								
	L _{Aeq} Dia x Noite		L _{Amin} Dia x Noite		L _{Amax} Dia x Noite		L _{Apeak} Dia x Noite	
	T test	Shapiro Wilk	T test	Shapiro Wilk	T test	Shapiro Wilk	T test	Shapiro Wilk
BOS	.0000001	p>.05	.000020	p>.05	.0000011	p>.05	.0000023	p>.05
GPACI	.0091 (Mann-Whitney)	p>.05 (dia)/ p<.05 (noite)	.042	p>.05	.014	p>.05	.026	p>.05
Santa Casa	.0006	p>.05	.000032	p>.05	.019	p>.05	.011	p>.05

Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: B=BOS; G=GPACI; S=Santa Casa.

Nota: ANOVA - p<0,05 pelo menos uma média tem uma diferença no nível de significância de 5%; p>0,05 as médias não têm diferença no nível de significância de 5%;

Levene - p<0,05 Variâncias de grupo não são homogêneas; p>0,05 a variância dos grupos são homogêneas; Welch - p>0,05 rejeita a hipótese nula, a variância do grupo é homogênea;

Tukey's - p<0,05 diferença significativa entre as médias; p>0,05 não há diferença significativa;

Shapiro-Wilk - p<0,05 as amostras não têm distribuição normal; p>0,05 amostras têm distribuição normal;

Mann-Whitney - p<0,05 médias de grupo são diferentes;

T test - p<0,05 médias de grupo são diferentes.

4.4 CONCLUSÃO

Este trabalho avaliou os níveis de pressão sonora juntamente com análise do espectro de frequência em ambientes internos de três hospitais públicos da cidade de Sorocaba, Estado de São Paulo, Brasil. Ao todo foram realizadas medições em 31 locais distintos dos hospitais.

De maneira geral, corroborando com o descrito na literatura, as principais fontes de ruído observadas foram as conversas de pacientes, funcionários e visitantes, além de máquinas e equipamentos inerentes ao funcionamento hospitalar. O período diurno foi o mais ruidoso, com diferença estatisticamente significativa quando comparada ao período noturno (p<0,05), mostrando a influência do dia e da dinâmica dentro dos hospitais. Também houve diferença entre o L_{Aeq} diurno do BOS e da Santa Casa (p<0,05), mostrando que ambos possuem diferentes contribuições no ruído equivalente médio. Os níveis de pressão sonora equivalentes (L_{Aeq}) ficaram acima dos valores recomendados pela WHO (L_{eq} 30 dB) e pela norma nacional brasileira NBR 10.151/2017 (L_{eq} 35-45 dB), tanto para o dia quanto para a noite, mesmo nos ambientes com ausência de atividade durante a noite. A banda de frequência predominante nos ambientes está relacionada a fala humana, variando de 500-1000 Hz.

5 CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DA POLUIÇÃO SONORA EM ÁREAS HOSPITALARES DA CIDADE DE SOROCABA, BRASIL, ATRAVÉS DE MEDIÇÕES E MAPAS ACÚSTICOS

5.1 INTRODUÇÃO

A poluição sonora, por muito tempo subestimada, já representa a segunda maior causa de poluição ambiental, atrás somente da poluição do ar (WHO e JCR, 2011; HANNINEN et al., 2014). Os veículos automotores são os grandes responsáveis por este tipo de poluição, principalmente nos centros urbanos (ZANNIN et al., 2002). A Organização Mundial da Saúde (OMS) vem advertindo que a poluição sonora trata-se de um problema de saúde pública, pois traz diversos impactos a saúde humana, como distúrbios do sono (GUSKI et al., 2017), distúrbios metabólicos (van KEMPEN et al. 2018), incomodo (MIEDEMA e OUDSHOORN, 2001; LICITRA et al. 2016; PAIVA et al. 2019), problemas cardíacos (HALONEN et al., 2015; KHOSRAVIPOUR e KHANLARI, 2020), entre outros.

Uma ferramenta de diagnóstico e representação geográfica importante para a poluição sonora, capaz de auxiliar na identificação de fontes ruidosas, regiões mais ou menos silenciosas, população exposta e, na tomada de decisão de ações de controle, são os mapas de ruído. Enquanto na Europa a implementação dos mapas de ruído para cidades com mais de 100 mil habitantes é realidade determinada pela Diretiva Europeia 2002/49/CE, publicada em 2002 (END, 2002), outras regiões do mundo estão ficando para trás na questão.

Alternativamente, em países fora da Europa tem-se usado o mapeamento de ruído em áreas menores e locais mais específicos com fontes potenciais geradoras de ruído, como áreas de aeroportos (TAUFNER et al., 2020), ferrovias (ZANNIN e BUNN, 2014; WOSNIACKI e ZANNIN, 2021), áreas industriais (SUSANTO et al., 2021), centros urbanos (NASCIMENTO et al., 2021; PAIVA et al., 2019), centros de ensino (ÇOLAKKADIOĞLU et al., 2018) rodovias e vias de grande fluxo de veículos (ÇOLAKKADIOĞLU e YUCEL, 2017; MORILLAS et al., 2021). Embora sejam áreas mais sensíveis com níveis sonoros inferiores estipulados como limite em muitos países, os centros de saúde (hospitais, clínicas médicas, etc.) são pouco estudados com foco em mapeamento acústico (ANDRADE et al., 2021).

Nos hospitais, as pessoas estão em seu estado mais debilitado, sejam os pacientes com suas enfermidades, os acompanhantes dos pacientes e os profissionais de saúde com a pressão do dia a dia de trabalho envolvendo vidas e saúde. A poluição sonora pode agravar ainda mais essa situação, retardando a recuperação dos pacientes (LOUPA, 2020) e cicatrização de feridas

(WYSOCKI, 1996), afetando o sono (BEVAN et al., 2018; HORSTEN et al., 2018), aumento de incidência nas readmissões (HAGERMAN et al., 2005), estresse na equipe médica (MONTEZ-GONZÁLEZ et al., 2019) e aumento na taxa de erros (JASSIM e EBRAHIM, 2020).

No Brasil, a maior quantidade de estudos disponíveis na literatura envolvendo mapas de ruído foram desenvolvidos na cidade de Curitiba, Estado do Paraná (SOUZA e ZANNIN, 2020; ZANNIN et al., 2013; ZANNIN et al., 2002; ZANNIN et al., 2018; ZANNIN et al., 2019a). Quando se trata de áreas de hospitais, esse número fica ainda mais reduzido, sendo limitado a poucos estudos (FIEDLER e ZANNIN, 2015; ZANNIN et al., 2019b; ZANNIN e FERRAZ, 2016).

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo realizar medições sonoras em áreas hospitalares do município de Sorocaba, Brasil e elaborar mapas de ruído para os períodos diurno e noturno.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Áreas de estudo

A cidade de Sorocaba está localizada no interior do Estado de São Paulo, Brasil, a aproximadamente 90 km da capital, possui uma população estimada em 695 mil habitantes, maior dentre os 27 municípios que compõem a Região Metropolitana de Sorocaba (IBGE, 2021). Segundo a Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN), a frota total de veículos da cidade representa pouco mais de 510 mil veículos, sendo 63,2% composta por carros (SENATRAN, 2022).

O sistema de saúde da cidade, através de seus diversos hospitais públicos, se destaca pela qualidade e abrangência na prestação dos serviços de pequena, média e alta complexidade, atendendo pacientes de dezenas de municípios da região. Dentre estes hospitais, três deles, localizados na região central da cidade, fazem parte do presente estudo: Banco de Olhos de Sorocaba (BOS), Grupo de Pesquisa e Assistência ao Câncer Infantil (GPACI) e Santa Casa de Misericórdia de Sorocaba (Santa Casa).

Os três hospitais foram selecionados para o desenvolvimento do estudo, devido à localização na região central, onde há tráfego intenso de veículos e grande densidade de construções comerciais e habitacionais, além da representatividade nos serviços públicos prestados à população de Sorocaba e região.

5.2.2 Medições sonoras

Utilizou-se sonômetro, modelo 2260 e calibrador acústico, modelo 4231, ambos classe 1 (Brüel Kjær, Dinamarca), para as medições sonoras, que foram realizadas em triplicata, durante 15 minutos cada medição em diferentes dias de semana (entre segundas e sextas-feiras), nos períodos diurno (11h00 a 18h00) e noturno (22h00 a 00h00). O sonômetro foi fixado em tripé e a altura de medição regulada entre 1,20 a 1,50 m. Manteve-se distância mínima de 2 metros de qualquer superfície refletora, como muros, cercas, árvores, etc., e a maior distância possível de locais onde havia parada de veículos, como cruzamentos, semáforos, pontos de ônibus, etc. Evitou-se medições em dias com condições ambientais adversas como chuva, trovoadas e ventania. As distâncias entre os pontos foram de 20 a 150 metros, dependendo das características físicas do entorno e perímetro de cada área dos hospitais. Os trabalhos foram desenvolvidos entre os meses de maio a setembro de 2019 (anterior ao período de início da pandemia de Covid-19).

Os critérios das medições, regulamentação e posicionamento do equipamento basearam-se na norma brasileira NBR 10151 (ABNT, 2020) e nas partes 1 e 2 da ISO 1996 (ISO 1996-1, 2016; ISO 1996-2, 2017). O tempo de medição adotado foi o mesmo utilizado em outros estudos (MURPHY e KING, 2011; ROMEU et al., 2011; NASCIMENTO et al., 2021; PAIVA et al., 2019), sendo superior, inclusive, ao praticado em algumas pesquisas que mostraram, estatisticamente, não haver diferença utilizando tempos prolongados de medição, onde há fluxo contínuo de veículos (ZANNIN et al., 2013; MIODUSZEWSKI et al., 2011).

Para obter-se o valor representativo das medições em triplicata de cada ponto, a média logarítmica foi usada, conforme Equação 1 (APA, 2020).

$$L_{Aeq,T} = 10 \times \lg \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Aeq,t})_i/10} \right] \quad (1)$$

Onde n é o número de medições; $(L_{Aeq,t})_i$ é o valor do nível sonoro correspondente a medição i .

Simultaneamente as medições sonoras, realizou-se a contagem manual dos veículos circulantes nas vias do entorno das áreas hospitalares (informação necessária para os mapas acústicos), que foram divididos em três categorias: veículos leves (carros, caminhonetes, vans, etc.), veículos pesados (ônibus e caminhões) e motocicletas.

Utilizou-se GPS eTrex 30x (Garmin) para a coleta das coordenadas projetadas (Universal Transversa de Mercator - UTM) dos pontos de medição do entorno dos hospitais.

5.2.3 Mapeamento acústico

Para confecção dos mapas acústicos das áreas dos hospitais foi utilizado o software iNoise® versão 2022.01 (DGMR Software, Países Baixos). Os modelos de cálculos são baseados no método ISO 9613-2 (ISO 9613-2, 1996), recomendado pela NBR 10151 (ABNT, 2020). O grid horizontal foi de 5 x 5 metros e o grid vertical de 4 metros, conforme recomendação do *Working Group – Assessment of Exposure to Noise* (WG-AEN, 2006), também adotado previamente por outras pesquisas (FIEDLER e ZANNIN, 2015; NASCIMENTO et al., 2021; PAIVA et al., 2019). A velocidade dos veículos considerada baseou-se nos critérios definidos pela Prefeitura Municipal de Sorocaba, por meio de placas de sinalização das velocidades para as ruas adjacentes de cada hospital, variando entre 30 e 50 km/h. Informações adicionais importantes foram registradas, como dimensões das ruas e avenidas, tipo de pavimento e estado de conservação.

Outros dados de entrada em formato *shapefile*, necessários para os cálculos dos mapas acústicos, foram manipulados por meio do software de sistema de informação geográfica QGIS versão 3.16. As curvas de nível com equidistância de 15 metros foram geradas a partir do modelo digital de elevação ALOS/PALSAR (ASF, 2022). As ruas e avenidas foram baixadas usando o *plug-in* OSMDownloader. As edificações, áreas de vegetação, solo exposto, calçadas, foram vetorizadas em polígonos utilizando-se como base, imagem de satélite de alta resolução (Bing Maps) (BING MAPS, 2022).

As validações dos mapas acústicos foram feitas em duas etapas: a primeira refere-se a diferença obtida entre os valores medidos em campo e os simulados; e a segunda refere-se a curva de calibração do modelo, com uso da regressão linear entre os valores medidos e simulados. Na primeira etapa, o valor considerado como aceitável de variação para a simulação é de até $\pm 4,6$ dB (LICITRA e MEMOLI, 2008; WG-AEN, 2006). Para o caso da curva de calibração, o valor máximo fixado de variação dos resíduos foi de $\pm 2,5$ dB (OLIVEIRA et al., 2021), com coeficiente de correlação (R^2) considerado aceitável acima de 0,80, indicando forte correlação linear (COHEN, 1988) e bom ajuste do modelo de regressão.

5.2.4 Análise estatística

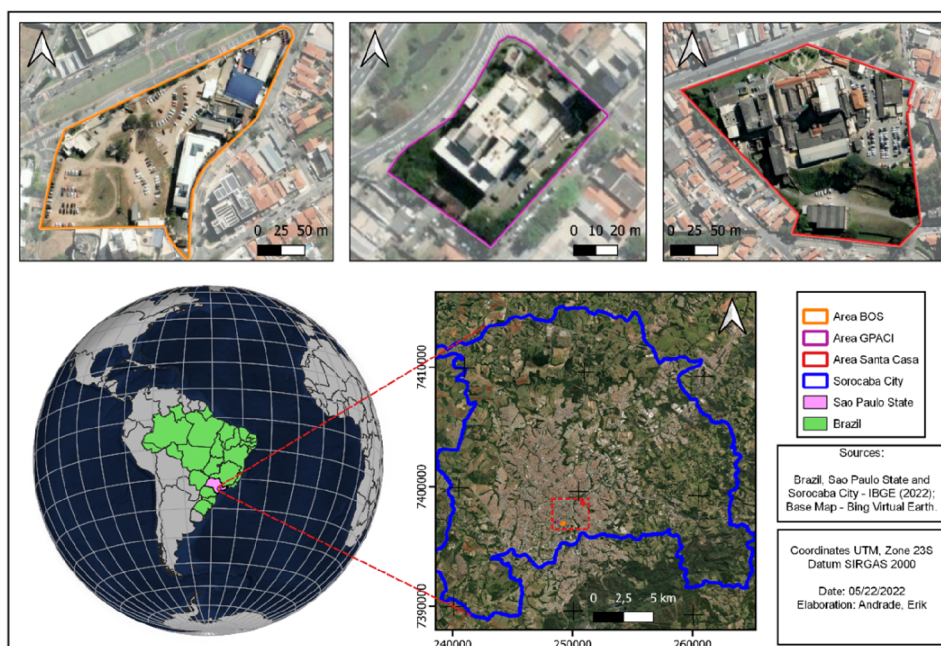
A diferença entre os valores medidos do período diurno e noturno de cada hospital foi verificada por meio do teste t de Student. O Mesmo teste foi usado para comparar os valores medidos e simulados de cada período do dia. Entre os hospitais, os níveis foram comparados usando o teste de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney como *post hoc* para o par a par. O teste de normalidade dos dados utilizado foi o teste de Shapiro-Wilk. O grau de correlação entre os valores medidos e simulados foi verificado por meio do coeficiente de correlação de Pearson. O nível de significância adotado foi de $\alpha = 0,05$ (p-valor) e o software utilizado para as análises estatísticas foi o PAST versão 4.03 (HAMMER et al., 2001).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Localização dos hospitais

Na Figura 5.1 tem-se a localização dos três hospitais públicos em relação ao município de Sorocaba, Brasil.

Figura 5.1 - Mapa de localização dos hospitais no município de Sorocaba



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os três hospitais estão situados ao sul da cidade, na porção central da área urbanizada. O BOS é especializado nas áreas de oftalmologia e otorrinolaringologia e referência nacional em transplantes de córnea. O perímetro do terreno é de aproximadamente 677 metros e a área total de 20.000 m². O entorno é composto, em sua maioria, por residências com alguns prédios e, também, comércios. O hospital GPACI é especializado no atendimento oncológico infantil, atendendo crianças e adolescentes de Sorocaba e região. O perímetro do terreno possui 276 metros e área total de 4.300 m². O entorno possui muitos comércios e algumas residências. A Santa Casa tem o perímetro do terreno em aproximadamente 765 metros e área total de 34.770 m². Atende casos de média e alta complexidade em diversas especialidades, incluindo oncológica. Assim como os demais hospitais, no seu entorno imediato possuem comércios e residências.

Na Tabela 5.1 verifica-se as coordenadas projetadas dos pontos de medição (coordenadas UTM – Datum SIRGAS 2000) no entorno de cada hospital, velocidade fixada para o fluxo de veículos das ruas adjacentes e os respectivos nomes das ruas.

Tabela 5.1 - Coordenadas dos pontos de medição, nomes e velocidades das vias

(continua)

Ponto	Coordenada x	Coordenada y	Velocidade da via	Nome da via
BOS Hospital				
1	248677	7397198	30 km/h	Rua Romeu do Nascimento
2	248740	7397294	50 km/h	Avenida Professor Arthur Fonseca
3	248763	7397303		
4	248789	7397327		
5	248845	7397355	30 km/h	Rua Nabek Shiroma
6	248890	7397344		
7	248867	7397291		
8	248844	7397256	N.A.	N.A.
9	248824	7397213		
10	248765	7397281		
11	248796	7397316		
GPACI Hospital				
1	248284	7397428	50 km/h	Avenida Barão de Tatuí
2	248313	7397446		
3	248326	7397463		
4	248363	7397471	30 km/h	Rua Abrão Mahuad
5	248372	7397429	30 km/h	

(conclusão)

Ponto	Coordenada x	Coordenada y	Velocidade da via	Nome da via
6	248360	7397412		Rua Coronel José
7	248346	7397395		Pedro de Oliveira
8	248335	7397398	N.A.	N.A.
Santa Casa Hospital				
1	250231	7399081		
2	250247	7399092		
3	250266	7399102	50 km/h	Avenida São Paulo
4	250284	7399107		
5	250297	7399119		
6	250326	7399123		
7	250398	7399123		
8	250415	7399119		
9	250429	7399116	30 km/h	Rua Pedro José Senger
10	250446	7399110		
11	250469	7399100		
12	250471	7399041	N.A.	N.A.
13	250449	7399007		

Fonte: Elaborado pelo autor.

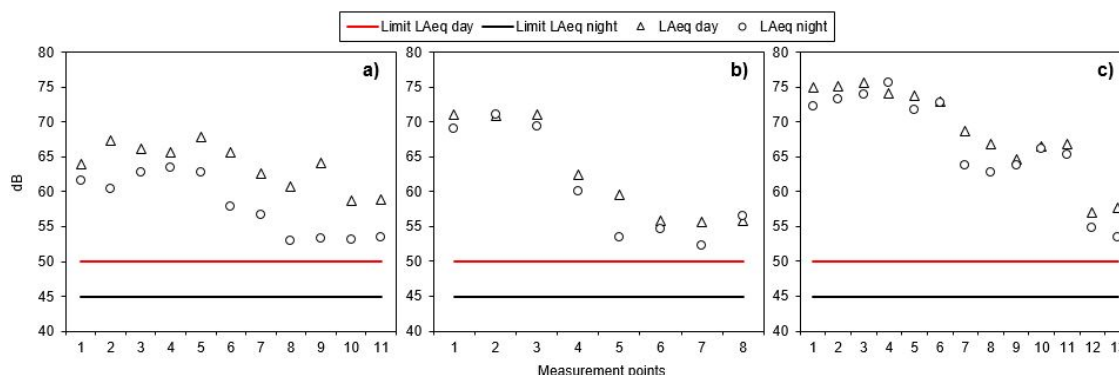
Legenda – N.A.: Não se Aplica (pontos nos estacionamentos dos hospitais).

Para todas as ruas do entorno consideradas nas medições sonoras, as avenidas possuem velocidades de circulação de veículos fixadas em 50 km/h e nas ruas, a velocidade é de até 30 km/h. Essas velocidades foram compatíveis com outros estudos que utilizaram mapas acústicos (FIEDLER e ZANNIN, 2015; PAIVA et al., 2019), sendo que, de acordo com o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), áreas sensíveis como hospitais e escolas, é estabelecida velocidade máxima de circulação em até 30 km/h (CTB, 1997).

5.3.2 Níveis sonoros nas áreas hospitalares

Na Figura 5.2, tem-se os valores das medições sonoras durante o dia e a noite ao redor de cada hospital avaliado.

Figura 5.2 - Níveis sonoros dos pontos de medição durante o dia e a noite



Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: a) BOS hospital; b) GPACI hospital; c) Santa Casa Hospital.

Tanto para o dia quanto para a noite, verificou-se que no entorno dos três hospitais os limites legais brasileiros de L_{Aeq} 50 dB e L_{Aeq} 45 dB, respectivamente, foram ultrapassados (ABNT, 2020). Como já esperado, os pontos de medição com maiores níveis sonoros são aqueles onde a velocidade estipulada para a via é de 50 km/h. Estatisticamente, existe diferença significativa entre o período diurno e noturno para o BOS ($p < 0,05$), mostrando a influência da dinâmica do dia no entorno do hospital, enquanto no GPACI e na Santa Casa há evidências que a hipótese nula não foi rejeitada e não há diferença entre os níveis sonoros diurnos e noturnos ($p > 0,05$). Entre os hospitais, há diferença significativa nos níveis sonoros diurno e noturno para o BOS e Santa Casa ($p < 0,05$). Estas diferenças estão diretamente relacionadas ao número, tipos e velocidades de veículos circulantes (FREITAS et al., 2012) e as características físicas da área externa de cada hospital (GOZALO et al., 2020). No entorno da Santa Casa foram contabilizados um número maior de veículos, seguido do GPACI e do BOS. Outro fator é a área próxima à avenida de maior velocidade e circulação de veículos do BOS, mais aberta com menor densidade de construções e superfícies refletoras, isso explicaria a diferença entre períodos diurno *versus* noturno para o BOS e maior diferença em relação a Santa Casa.

No BOS, o L_{Aeq} diurno variou de 58,7 a 67,9 dB e o noturno de 52,9 a 63,4 dB. No GPACI, os valores foram de 55,6 a 71,1 dB e 52,2 a 71,0 dB para o dia e noite respectivamente. Na Santa Casa, os níveis para o dia variaram de 57,1 a 75,7 dB e 53,4 a 75,6 dB durante a noite. Segundo a Organização Mundial da Saúde, níveis sonoros acima de 55 dB no período noturno tornam-se muito perigosos à saúde pública, principalmente ao público mais vulnerável, com evidências de aumento no risco de doenças cardiovasculares, irritabilidade e distúrbios do sono (WHO, 2009).

Outros estudos brasileiros verificaram níveis sonoros (L_{Aeq}) acima do permitido pela legislação em áreas hospitalares, como os de Andrade et al. (2021a; 2021b) com pontos acima de 50 dB durante o dia e noite; Zannin e Ferraz (2016) com 57 a 67,2 dB; Zannin et al. (2019) variando entre 55 e 70 dB; Fiedler e Zannin (2015) variando de 56 a 71 dB. Em outros países, os níveis sonoros verificados em áreas de hospitais também estão acima das referências consultadas, como 60-75 dB verificados na Turquia (ÇOLAKKADIOĞLU e YÜCEL, 2017); Espanha acima de 50 dB nos pontos de medição de tempo curto (MONTES-GONZÁLEZ et al., 2019); Índia entre 43,2 a 62,2 dB (LOKHANDE et al., 2017).

5.3.3 Mapas acústicos

Na Tabela 5.2 verifica-se os valores dos níveis sonoros medidos e simulados ao redor de cada hospital. Os pontos de medição sonora foram os mesmos pontos de controle usados nas simulações, denominados como receptores dentro do modelo.

Tabela 5.2 - Diferença entre os valores medidos e simulados

(continua)

Ponto	Medido L_{Aeq}		Simulado L_{Aeq}		Diferença		Estimado $L_{Aeq} - Y'$		Resíduo	
	Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite	Dia	Noite
BOS Hospital										
1	63,9	61,6	63,9	63,4	0,0	-1,8	63,4	60,5	0,5	1,1
2	67,3	60,4	66,5	60,7	0,8	-0,3	65,8	59,6	1,5	0,8
3	66,1	62,7	65,4	61,3	0,7	1,4	64,9	61,4	1,2	1,3
4	65,7	63,4	65,5	61,1	0,2	2,3	64,7	61,9	1,0	1,5
5	67,9	62,8	66,3	60,5	1,6	2,3	66,2	61,4	1,7	1,4
6	65,7	57,8	64,0	55,7	1,7	2,1	64,7	57,6	1,0	0,2
7	62,6	56,7	61,6	54,9	1,0	1,8	62,5	56,7	0,1	0,0
8	60,8	52,9	60,2	52,3	0,6	0,6	61,2	53,7	-0,4	-0,8
9	64,1	53,3	62,0	53,9	2,1	-0,6	63,5	54,1	0,6	-0,8
10	58,7	53,1	62,1	56,1	-3,4	-3,0	59,7	53,9	-1,0	-0,8
11	58,9	53,4	59,0	55,0	-0,1	-1,6	59,9	54,1	-1,0	-0,7
GPACI Hospital										
1	71,1	69,1	70,7	68,7	0,4	0,4	70,6	67,8	0,5	1,3
2	70,9	71,0	70,3	68,3	0,6	2,7	70,4	69,5	0,5	1,5
3	71,0	69,3	70,5	68,5	0,5	0,8	70,5	67,9	0,5	1,4
4	62,4	60,0	63,2	60,6	-0,8	-0,6	61,9	59,6	0,5	0,4
5	59,6	53,5	56,8	54,5	2,8	-1,0	59,0	53,8	0,6	-0,3
6	55,9	54,7	54,2	52,1	1,7	2,6	55,3	54,9	0,6	-0,2

										(conclusão)
7	55,6	52,2	56,7	54,7	-1,1	-2,5	55,0	52,6	0,6	-0,4
8	55,9	56,5	55,7	55,2	0,2	1,3	55,3	56,5	0,6	0,0
Santa Casa Hospital										
1	74,9	72,2	74,9	73,6	0,0	-1,4	75,8	72,7	-0,9	-0,5
2	75,2	73,3	74,2	72,8	1,0	0,5	76,2	73,8	-1,0	-0,5
3	75,7	73,9	75,1	73,8	0,6	0,1	76,7	74,4	-1,0	-0,5
4	74,1	75,6	75,8	74,6	-1,7	1,0	74,9	76,2	-0,8	-0,6
5	73,8	71,8	75,3	74,3	-1,5	-2,5	74,6	72,3	-0,8	-0,5
6	72,9	72,7	74,6	73,2	-1,7	-0,5	73,6	73,2	-0,7	-0,5
7	68,7	63,8	69,6	67,5	-0,9	-3,7	68,8	64,1	-0,1	-0,3
8	66,8	62,7	69,2	66,6	-2,4	-3,9	66,7	62,9	0,1	-0,2
9	64,7	63,8	67,7	65,3	-3,0	-1,5	64,3	64,1	0,4	-0,3
10	66,5	66,2	66,8	64,3	-0,3	1,9	66,3	66,5	0,2	-0,3
11	66,9	65,3	64,6	62,4	2,3	2,9	66,8	65,6	0,1	-0,3
12	57,1	54,8	55,3	53,6	1,8	1,2	55,7	54,8	1,4	0,0
13	57,7	53,4	53,8	52,0	3,9	1,4	56,4	53,4	1,3	0,0

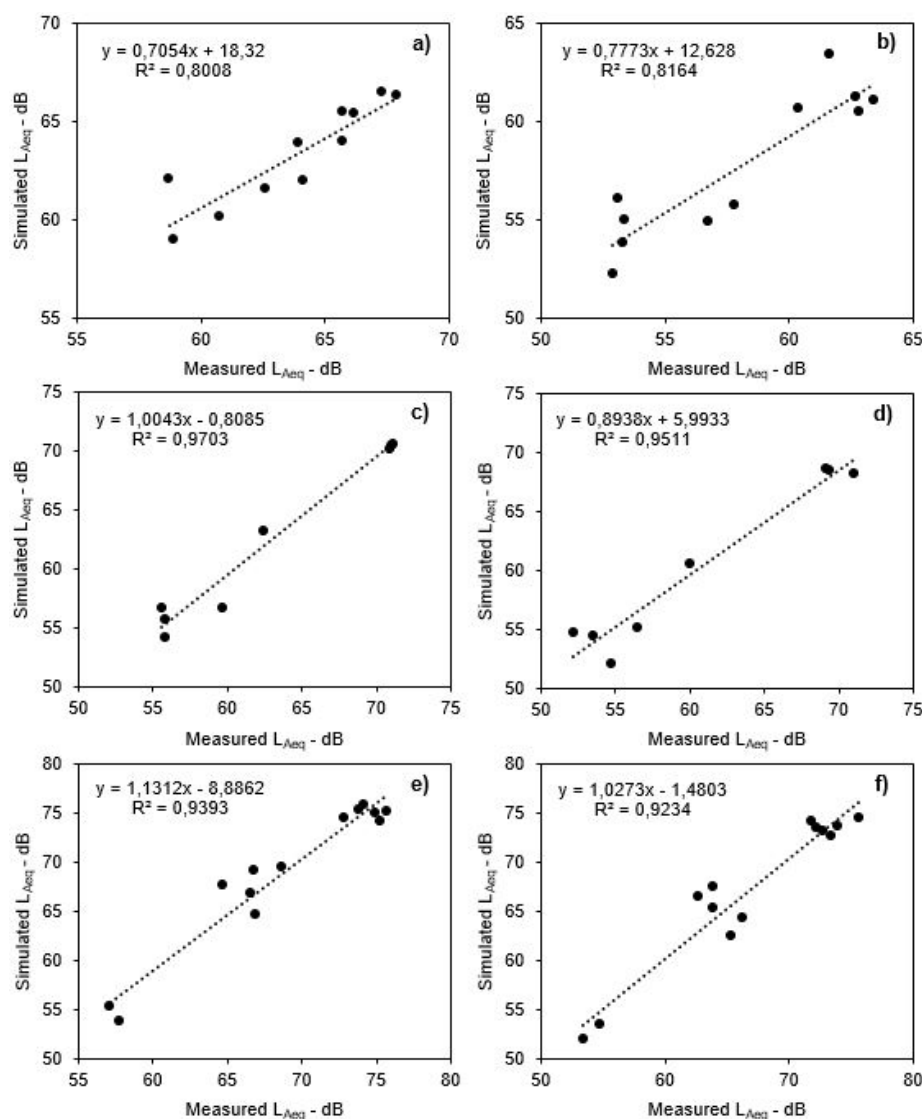
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Nota: Maiores diferenças entre valores medidos e simulados e resíduos, em destaque (negrito e itálico).

De acordo com a Tabela 5.2, as maiores diferenças encontradas entre os valores medidos e simulados no iNoise® foram de 3,9 e -3,9 para o dia e noite respectivamente, ficando dentro da faixa aceitável de até $\pm 4,6$ dB para a validação de mapas de ruído simulados (LICITRA e MEMOLI, 2008; WG-AEN, 2006) e próximo ao verificado em outras pesquisas (MONTES-GONZÁLEZ et al., 2019; NASCIMENTO et al., 2021; PAIVA et al., 2019). Por meio de estatística inferencial, verificou-se que os valores medidos e os simulados atendem ao critério de normalidade (com evidências que a hipótese nula não pode ser rejeitada), e suas distribuições são semelhantes ($p > 0,05$), também não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os dados medidos e simulados, corroborando com a validação dos mapas de ruído.

Conforme Figura 5.3 e Tabela 5.2, os modelos generalizados obtidos a partir das curvas de calibração são aceitáveis, confirmados pelo maior resíduo, que é 1,7 dB, com coeficientes de correlação linear de Pearson maiores que $R^2 = 0,8008$ ($p < 0,05$) (Figura 5.3a).

Figura 5.3 - Curvas de calibração dos mapas de ruído



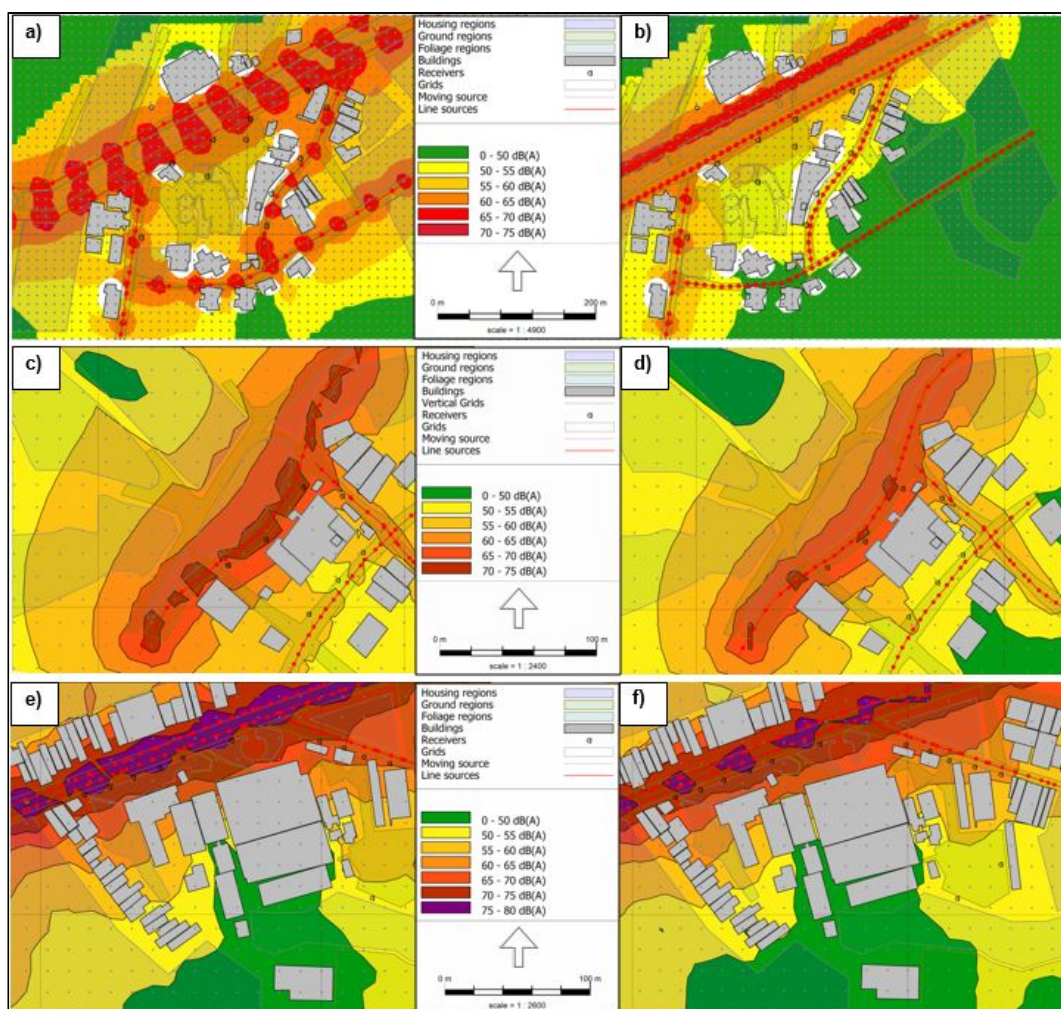
Fonte: Elaborado pelo autor.

Legenda: a) BOS dia; b) BOS noite; c) GPACI dia; d) GPACI noite; e) Santa Casa dia; f) Santa Casa noite.

No estudo de Nascimento et al. (2021), os autores encontraram a maior diferença entre os valores medidos e simulados de L_{Aeq} 4,5 dB e resíduo de 2,1 dB, valores superiores aos encontrados neste estudo para validação dos mapas de ruído. Lokhande et al. (2017), calcularam um $R^2 = 0,5242$ entre os valores observados e simulados para áreas sensíveis de mapas de ruído, valor inferior ao obtido no presente estudo.

Após verificação dos dados coletados e calibrações, os mapas de ruído foram planejados. Os mapas finais elaborados podem ser verificados na Figura 5.4.

Figura 5.4 - Mapas de ruído dos três hospitais para o dia e noite



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Legenda: a) BOS dia; b) BOS noite; c) GPACI dia; d) GPACI noite; e) Santa Casa dia; f) Santa Casa noite.

Verifica-se na Figura 5.4 que os níveis sonoros que chegam até a fachada dos três hospitais, tanto durante o dia quanto a noite, estão superiores aos limites legais estabelecidos pela norma brasileira de L_{Aeq} 50 e 45 dB respectivamente. Os níveis são ainda mais intensos nas avenidas de maior fluxo e velocidade de tráfego de veículos, situados no lado norte de cada hospital. Estes resultados corroboram com outros trabalhos que verificaram maiores níveis de pressão sonora em pontos de maior velocidade dos veículos, independentemente das configurações físicas do entorno de cada ponto de medição sonora (FIEDLER e ZANNIN et al., 2015; GOZALO et al., 2020; GOZALO et al., 2019).

Nos pontos de medição onde a velocidade estipulada é de até 30 km/h, os níveis sonoros ainda estão acima do recomendado para os períodos diurno e noturno. Neste sentido, a redução

de velocidade nos pontos onde a velocidade é de 50 km/h para 30 km/h pode ser estudada pela gestão municipal (ROSSI et al., 2020), e ações combinadas, conforme relatado na literatura, podem ser implantadas, como substituição de asfalto em relação a porosidade, textura e mistura (LICITRA et al., 2015; LICITRA et al., 2019; PRATICÒ, 2014; PRATICÒ e ANFOSSO-LÉDÉE, 2012), , restrição na circulação de alguns tipos e quantidades de veículos, como veículos pesados (FIEDLER e ZANNIN et al., 2015; MONTES-GONZÁLEZ et al., 2019).

5.4 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foram realizadas medições dos níveis sonoros equivalentes (L_{Aeq} - dB) na região de três hospitais do município de Sorocaba, Brasil, durante o dia e a noite, como subsídio para a elaboração de mapas de ruído. Os resultados mostraram que os níveis sonoros do entorno dos três hospitais estão acima do estabelecido na norma brasileira, com L_{Aeq} 50 e 45 dB de limite diurno e noturno respectivamente. O nível sonoro variou de 5,6 dB (estacionamento do GPACI) a 25,7 dB (Ponto 3 em frente a Santa Casa) acima do limite diurno e de 7,2 (estacionamento do GPACI) a 30,6 dB (Ponto 4 em frente a Santa Casa) acima do limite noturno.

Os maiores níveis estão situados nas proximidades das ruas com maior fluxo e velocidade de tráfego de veículos. Com os mapas acústicos devidamente calibrados e validados, ações de gestão pública podem ser usadas e implementadas, visando otimização de tempo e custos por meio desta ferramenta.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho realizou-se um diagnóstico do ruído interno e externo em três hospitais do município de Sorocaba/SP, no intuito de gerar material de qualidade e disponibilizá-lo a gestores públicos e academia, afim de instruir políticas públicas e novas pesquisas sobre o tema.

Neste sentido, a princípio uma revisão sistemática da literatura foi feita utilizando três das principais bases de dados de revistas científicas, *ScienceDirect*, *Scopus* e *Web of Science*. Verificou-se que estudos relacionados a ruído ambiental em hospitais são concentrados em países da Ásia, Europa e Américas, mostrando uma lacuna geográfica. Tanto as revistas avaliadas quanto os profissionais envolvidos nos estudos, possuem convergência para áreas da saúde como enfermagem e medicina, ciências ambientais e engenharia, evidenciando a multidisciplinaridade do assunto. Existe preferência nas medições sonoras por setores mais específicos, como UTIs e, normalmente, são realizadas apenas medições sonoras, sem proposições ou adoção de medidas mitigadoras de ruído. Os métodos empregados nas medições sonoras são os mais variados e não há uma legislação ou normativa universal para orientação dos procedimentos, o que torna, por muitas vezes, a difícil avaliação e comparação entre locais distintos. O tema tem grande potencial de crescimento, principalmente por praticamente todos os estudos avaliados terem mostrado que os níveis sonoros estão acima da recomendação das leis/normas/entidades usadas como referência.

Em relação aos níveis sonoros medidos nos ambientes internos dos hospitais, constatou-se que em praticamente todos os setores avaliados, tanto durante o dia quanto a noite, os níveis excederam aqueles recomendados pela norma nacional NBR 10152 e pela OMS. De acordo com o espectro de frequência, verificou-se que os principais agentes causadores de ruído estão diretamente relacionados as atividades de cada setor, como o uso de equipamentos médicos/hospitalares, atividades e manipulação de objetos e conversa entre pessoas, que por sua vez foi verificado em todos os setores e é o principal estressor dos ambientes internos, corroborando com o relato da literatura.

Nas medições externas, o cenário segue com os níveis excedendo aqueles recomendados pela norma nacional NBR 10151 e pela OMS, tanto para o período diurno quanto noturno. Os mapas acústicos devidamente calibrados e validados, mostraram os níveis sonoros incidentes nas fachadas dos hospitais em ambos os períodos, excedendo a recomendação das referências supracitadas. Mostrou ainda que mesmo em ruas de menor fluxo e velocidade de veículos, os níveis sonoros estão elevados, reiterando que ações combinadas para redução de níveis sonoros podem ser usadas para tentativa de alcançar os padrões recomendados.

Como recomendações de medidas de redução nos níveis sonoros internos aos ambientes hospitalares, podem ser utilizadas, principalmente, medidas de baixo custo como treinamento e orientação dos funcionários em relação aos impactos de conversas em situações desnecessárias e manipulação abrupta de objetos; manutenção de rodinhas dos carrinhos de retirada de resíduos sólidos e roupas sujas; manutenção de portas (fechaduras, dobradiças, sistema de fechamento); instalação de sistemas eletrônicos de aviso luminoso/visual após o ambiente atingir determinado nível sonoro; redução de volume de TV, sistemas de aviso por senhas, telefones, etc.; instalação de avisos/placas em todos os setores para manter o silêncio.

No entorno dos hospitais, redução da velocidade das vias para 30 km/h (padrão); instalação de lombadas, radares e outros dispositivos redutores de velocidade; substituição do asfalto por um do tipo poroso; restrição na circulação de veículos pesados; frequência de *blitz* para verificação da situação de veículos com escapamentos irregulares; podem ser ações que irão contribuir na redução dos níveis sonoros que chegam à fachada dos hospitais.

Sugere-se, para trabalhos futuros, que sejam realizadas avaliações subjetivas da percepção dos pacientes e funcionários dos hospitais em relação aos níveis sonoros e possíveis estressores. Mapas de ruído internos também poderão ser utilizados com simulações da instalação de materiais acústicos em busca de um ambiente acusticamente adequado para ambientes hospitalares, dependendo do uso pretendido, com verificação dos tempos de reverberação e inteligibilidade de fala. Alterações de *layout* e móveis/equipamentos também podem ser alternativas a serem avaliadas para verificação de redução de níveis sonoros internos. Em ambientes externos, simulações podem ser feitas reduzindo total ou parcialmente determinado tipo de veículo (veículos pesados por exemplo); substituindo o tipo de asfalto; reduzindo a velocidade da via; instalando barreiras acústicas.

REFERÊNCIAS

AI, Z. T.; MAK, C. M.; WONG, H. M. Noise level and its influences on dental professionals in a dental hospital in Hong Kong. **Building Services Engineering Research and Technology**, [S.L.], v. 38, n. 5, p. 522-535, 2017.
<http://dx.doi.org/10.1177/0143624417705529>.

AMERICAN HOSPITAL ASSOCIATION (AHA) – AHA **Hospital Statistics**. Disponível em: <https://www.aha.org/statistics/fast-facts-us-hospitals>. Acesso em: 27 Jan 2021.

ANDRADE, E. L.; LIMA, E. A.; SIMONETTI, V. C.; OLIVEIRA, R. A.; ZANNIN, P. H. T.; SILVA, D. C. C.; MARTINS, A. C. G. Influence of the COVID-19 pandemic on the external environmental noise of a public hospital in Sorocaba, Brazil. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 9, n. 69, p. 44-51, 2021a.
<https://doi.org/10.17271/2318847296920212790>.

ANDRADE, E. L.; LIMA, E. A.; ZANNIN, P. H. T. Impact of noise pollution during the COVID-19 pandemic in a hospital area in Sorocaba city, São Paulo State, Brazil. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 9, n. 71, p. 16-23, 2021b.
<https://doi.org/10.17271/2318847297120212915>.

ANDRADE, K. P.; OLIVEIRA, L. L. A.; SOUZA, R. P.; MATOS, I. M. Noise level measurement and its effects on hospital employees based on complaint reports. **Revista CEFAC**, v. 18, n. 6, p. 1379–88, 2016. <https://doi.org/10.1590/1982-0216201618619815>.

ANDRADE, E. L.; SILVA, D. C. C.; LIMA, E. A.; OLIVEIRA, R. A.; ZANNIN, P. H. T.; MARTINS, A. C. G. Environmental noise in hospitals: a systematic review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 19629–19642, 2021.
<https://doi.org/10.1007/s11356-021-13211-2>.

APA – Agência Portuguesa do Ambiente. **Guia Prático para Medições de Ruído Ambiente – no contexto do Regulamento Geral do Ruído tendo em conta a NP ISO 1996**. Julho 2020. Disponível em:
https://apambiente.pt/sites/default/files/_SNIAMB_Ar_Ruido/Ruido/Notas%20t%C3%A9cnicas%20e%20guias%20de%20Ru%C3%ADdo/GUIApraticoparamedicoesderuidoambiente_2020_2.pdf. Acesso em: 23 de Jun 2022.

ASENSIO, C.; PAVÓN, I.; DE ARCAS, G. Changes in noise levels in the city of Madrid during COVID-19 lockdown in 2020. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 148, p. 1748–1755, 2020. <https://doi.org/10.1121/10.0002008>.

ASF – ALASKA ASATELLITE FACILITY. **ALOS PALSAR**. Disponível em:
<https://asf.alaska.edu/data-sets/sar-data-sets/alos-palsar/>. Acesso em: 01 Mai 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - **NBR 10.152: Acústica –Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações**. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - **NBR 10151 - Acoustics — Measurement and evaluation of sound pressure levels in inhabited environments — Application for general use.**2020.

ASTIN, F.; STEPHENSON, J.; WAKEFIELD, J.; EVANS, B.; ROB, P.; JOANNA, G.; HARRIS, E. Night-time Noise Levels and Patients' Sleep Experiences in a Medical Assessment Unit in Northern England. **The Open Nursing Journal**, v. 14, n. 1, p. 80-91, 2020. <https://doi.org/10.2174/1874434602014010080>.

BABISCH, W.; BEULE, B.; SCHUST, M.; KERSTEN, N.; ISING, H. Traffic noise and risk of myocardial infarction. **Epidemiology**, v. 16, p. 33–40, 2005. <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000147104.84424.24>.

BAQAR, M.; ARSLAN, M.; ABBASI, S. A.; ASHRAF, U.; KHALID, A.; ZAHID, H. Noise pollution in the hospital environment of a developing country: A case study of Lahore (Pakistan). **Archives of Environmental & Occupational Health**, v. 73, n. 6, p. 367–374, 2017. <https://doi.org/10.1080/19338244.2017.1371106>.

BASNER, M.; MCGUIRE, S. WHO environmental noise guidelines for the european region: A systematic review on environmental noise and effects on sleep. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 3, p. 519, 2018. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030519>.

BERGLUND, BIRGITTA, LINDVALL, THOMAS, SCHWELA, DIETRICH H & WORLD HEALTH ORGANIZATION. Occupational and Environmental Health Team. **Guidelines for community noise**. World Health Organization, 1999. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>. Acesso em: 25 Abr 2020.

BEVAN, R.; GRANTHAM-HILL, S.; BOWEN, R.; CLAYTON, E.; GRICE, H.; VENDITTI, H. C.; STICKLAND, A.; HILL, C. M. Sleep quality and noise: Comparisons between hospital and home settings. **Archives of Disease in Childhood**, v. 104, n. 2, p. 147–151, 2018. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2018-315168>.

BING MAPS. Sorocaba-São Paulo. Disponível em: <https://www.bing.com/maps?toWww=1&redig=1B73B6D824A4440FACB09DB60EDBEF62&cp=-23.504468%7E-47.452949&lvl=15.2&style=a>. Acesso em: 01 Mai 2022.

BLIEFNICK, J. M.; RYHERD, E. E.; JACKSON, R. Evaluating hospital soundscapes to improve patient experience. **The Journal of the Acoustical Society Of America**, v. 145, p. 1117–1128, 2019. <https://doi.org/10.1121/1.5090493>.

BUNN, F.; ZANNIN, P. H. T. Assessment of railway noise in an urban setting. **Applied Acoustics**, v. 104, p. 16–23, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.10.025>.

BUSCH-VISHNIAC, I. Hospital Soundscapes: Characterization, Impacts, and Interventions. **Acoustics Today**, v. 15, p. 11, 2019. <https://doi.org/10.1121/at.2019.15.3.11>.

BUSCH-VISHNIAC, I. J.; WEST, J. E.; BARNHILL, C.; HUNTER, T.; ORELLANA, D.; CHIVUKULA, R. Noise levels in Johns Hopkins Hospital. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 118, p. 3629–3645, 2005. <https://doi.org/10.1121/1.2118327>.

CARVALHAIS, C.; SANTOS, J.; DA SILVA, M. V.; XAVIER, A. Is there sufficient training of health care staff on noise reduction in neonatal intensive care units? A pilot study from neonnoise project. **Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A Current Issues**, v. 78, p. 897–903, 2015. <https://doi.org/10.1080/15287394.2015.1051204>.

CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO (CTB) - 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9503.htm. Acesso em: 01 Mai 2022.

COHEN, J. (1988). **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences** (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203771587>.

ÇOLAKKADIOĞLU, D.; YÜCEL, M. Modeling of Tarsus-Adana-Gaziantep highway-induced noise pollution within the scope of Adana city and estimated the affected population. **Applied Acoustics**, v. 115, p. 158–165, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2016.08.029>.

ÇOLAKKADIOĞLU, D.; YÜCEL, M.; KAHVECI, B.; AYDINOL, Ö. Determination of noise pollution on university campuses: a case study at Çukurova University campus in Turkey. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 190, n. 4, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6568-8>.

CHEN, C. Y. Characterizing Subjective Noisiness in Hospital Lobbies. **Archives of Acoustics**, v. 40, p. 235–246, 2015. <https://doi.org/10.1515/aoa-2015-0026>.

CHO, W.; JEONG, C.; CHANG, J.; LEE, S.; PARK, M. K.; SUH, M.; HAN, J. J. Noise and Room Acoustic Conditions in a Tertiary Referral Hospital, Seoul National University Hospital. **Journal of Audiology and Otology**, v. 23, p. 76–82, 2019. <https://doi.org/10.7874/jao.2018.00269>.

D'SOUZA, S. R. B.; LEWIS, L. E.; KUMAR, V.; RAMESH BHAT, Y.; PURKAYASTHA, J.; PRAKASH, H. Ambient noise levels in acute neonatal intensive care unit of a tertiary referral hospital. **Journal of Krishna Institute of Medical Sciences University**, v. 6, p. 50–58, 2017.

DEL PIZZO, L. G.; TETI, L.; MORO, A.; BIANCO, F.; FREDIANELLI, L.; LICITRA, G. Influence of texture on tyre road noise spectra in rubberized pavements. **Applied Acoustics**, v. 159, p. 107080, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.107080>.

DISHER, T. C.; BENOIT, B.; INGLIS, D.; BURGESS, S. A.; ELLSMERE, B.; HEWITT, B. E.; BISHOP, T. M.; SHEPPARD, C. L.; JANGAARD, K. A.; MORRISON, G. C.; CAMPBELL-YEO, M. L. Striving for Optimum Noise-Decreasing Strategies in Critical Care: Initial Measurements and Observations. **Journal of Perinatal & Neonatal Nursing**, v. 31, p. 58–66, 2017. <https://doi.org/10.1097/JPN.0000000000000229>.

DRATVA, J.; PHULERIA, H. C.; FORASTER, M.; GASPOZ, J.; KEIDEL, D.; KÜNZLI, N.; LIU, L.-J. S.; PONS, M.; ZEMP, E.; GERBASE, M. W. Transportation Noise and Blood Pressure in a Population-Based Sample of Adults. **Environmental Health Perspectives**, v. 120, p. 50–55, 2012. <https://doi.org/10.1289/ehp.1103448>.

ERICKSON, L. C.; NEWMAN, R. S. Influences of Background Noise on Infants and Children. **Current Directions in Psychological Science**, v. 26, p. 451–457, 2017. <https://doi.org/10.1177/0963721417709087>.

EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. **Directive 2002/49/EC of the european parliament and of the council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise**. Off J Eur Communities; 2002.

FIEDLER, P. E. K.; ZANNIN, P. H. T. Evaluation of noise pollution in urban traffic hubs- Noise maps and measurements. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 51, p. 1–9, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2014.09.014>.

FILUS, W.; DE LACERDA, A. B. M., ALBIZU, E. Ambient noise in emergency rooms and its health hazards. **International Archives of Otorhinolaryngology**, v. 19, p. 205–209, 2015. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1387165>.

FILUS, W. A.; PIVATTO, L. F.; FONTOURA, F. P.; KOGA, M. R. V.; ALBIZU, E. J.; SOARES, V. M. N.; LACERDA, A. B. M.; GONÇALVES, C. G. O. Ruído e seus impactos nos hospitais brasileiros: uma revisão de literatura. **Revista CEFAC**, v. 16, n. 1, p. 307-317, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-021620140412>.

FORTES-GARRIDO, J. C.; VELEZ-PEREIRA, A. M.; GÁZQUEZ, M.; HIDALGO-HIDALGO, M.; BOLÍVAR, J. P. The characterization of noise levels in a neonatal intensive care unit and the implications for noise management. **Journal of Environmental Health Science and Engineering**, v. 12, p. 1–8, 2014. <https://doi.org/10.1186/2052-336X-12-104>.

FREITAS, E.; MENDONÇA, C.; SANTOS, J. A.; MURTEIRA, C.; FERREIRA, J. P. Traffic noise abatement : How different pavements, vehicle speeds and traffic densities affect annoyance levels. **Transportation Research Part D**, v. 17, n. 4, p. 321–326, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2012.02.001>.

GALINDO, A. P. G.; CAICEDO, Y. C.; VÉLEZ-PEREIRA, A. M. Noise level in a neonatal intensive care unit in Santa Marta - Colombia. **Colombia Médica**, v. 48, p. 119–124, 2017. <http://dx.doi.org/10.25100/cm.v48i3.2173>.

GARCÍA-RIVERO, A. E.; YULI-POSADAS, R. Á.; ROMERO, W. R.; SÁNCHEZ-CCOYLLO, O.; BULEGE-GUTIERREZ, W.; TASAYCO, H. G. G.; FERNÁNDEZ-GUSMÁN, V. Daytime perimeter environmental noise in the vicinity of four hospitals in the city of Lima, Peru. **Noise Mapping**, v. 7, p. 239–247, 2020. <https://doi.org/10.1515/noise-2020-0020>.

GARRIDO GALINDO, A. P.; CAMARGO CAICEDO, Y.; VÉLEZ-PEREIRA, A. M. Noise level in intensive care units of a public university hospital in Santa Marta (Colombia). **Medicina Intensiva** (English Ed.) v. 40, p. 403–410, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.medine.2015.11.004>.

GARSDIE, J.; STEPHENSON, J.; CURTIS, H.; MORRELL, M.; DEARNLEY, C.; ASTIN, F. Are noise reduction interventions effective in adult ward settings? A systematic review and meta analysis. **Applied Nursing Research**, v. 44, p. 6–17, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.apnr.2018.08.004>.

GOZALO, G. R.; SUÁREZ, E.; MONTENEGRO, A. L.; ARENAS, J. P.; MORILLAS, J. M. B.; GONZÁLEZ, D. M. Noise estimation using road and urban features. **Sustainability**, v. 12, n. 21, p. 1–18, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12219217>.

GUSKI, R.; SCHRECKENBERG, D.; SCHUEMER, R. WHO environmental noise guidelines for the European region: A systematic review on environmental noise and annoyance. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 14, p. 1–39, 2017. <https://doi.org/10.3390/ijerph14121539>.

HAGERMAN, I.; RASMANIS, G.; BLOMKVIST, V.; ULRICH, R.; ERIKSEN, C.; THEORELL, T. Influence of intensive coronary care acoustics on the quality of care and physiological state of patients. **International Journal of Cardiology**, v. 98, p. 267–270, 2005.

HALONEN, J. I.; HANSELL, A. L.; GULLIVER, J.; MORLEY, D.; BLANGIARDO, M.; FECHT, D.; TOLEDANO, M. B.; BEEVERS, S. D.; ANDERSON, H. R.; KELLY, F. J.; TONNE, C. Road traffic noise is associated with increased cardiovascular morbidity and mortality and all-cause mortality in London. **European Heart Journal**, v. 36, n. 39, p. 2653–2661, 2015. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv216>.

HAMMER O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. **PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis**. Paleontologia Eletrônica, 2001, 9p. Disponível em: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>. Acesso em: 04 Ago 2020.

HÄNNINEN, O.; KNOL, A. B.; JANTUNEN, M.; LIM, T. A.; CONRAD, A.; RAPPOLDER, M.; CARRER, P.; FANETTI, A. C.; KIM, R.; BUEKERS, J.; TORFS, R.; IAVARONE, I.; CLASSEN, T.; HORNBERG, C.; MEKEL, O. C.; EBODE WORKING GROUP. Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries. **Environmental Health Perspectives**, v. 122, p. 439–446, 2014. <https://doi.org/10.1289/ehp.1206154>.

HASEGAWA, Y.; RYHERD, E. Clustering acoustical measurement data in pediatric hospital units. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 148, p. 265–277, 2020. <https://doi.org/10.1121/10.0001584>.

HÉRITIER, H.; VIENNEAU, D.; FORASTER, M.; EZE, I. C.; SCHAFFNER, E.; DE HOOGH, K.; THIESSE, L.; RUDZIK, F.; HABERMACHER, M.; KÖPFLI, M.; PIEREN, R.; BRINK, M.; CAJOCHEN, C.; WUNDERLI, J. M.; PROBST-HENSCH, N.; ROÖSLI, M. A systematic analysis of mutual effects of transportation noise and air pollution exposure on myocardial infarction mortality: A nationwide cohort study in Switzerland. **European Heart Journal**, v. 40, p. 598–603, 2018. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy650>.

HORSTEN, S.; REINKE, L.; ABSALOM, A. R.; TULLEKEN, J. E. Systematic review of the effects of intensive-care-unit noise on sleep of healthy subjects and the critically ill. **British Journal of Anaesthesia**, v. 120, n. 3, p. 443–452, 2018.

HSU, T.; RYHERD, E.; WAYE, K. P.; ACKERMAN, J. Noise pollution in hospitals: Impacts on patients. **Journal of Clinical Outcomes Management**, v. 19, p. 301–309, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) - **Estimativa da População de Sorocaba**, 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sorocaba/panorama>. Acesso em: 29 Mai 2022.

ISO 1996-1:2016 - Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 1: Basic quantities and assessment procedures.

ISO 1996-2:2017 - Acoustics - Description, measurement and assessment of environmental noise - Part 2: Determination of sound pressure levels.

ISO 9613-2:1996 - Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors -Part 2: General method of calculation

JAHAN, S.; MUNNI, S.; GHOSH, G. C. Noise pollution at major schools, colleges and hospitals in small urban area: Focusing on Jessore municipality, Bangladesh. **Nature Environment and Pollution Technology**, v. 15, p. 1089–1094, 2016.

JASSIM, U. T.; EBRAHIM, S. M. Understanding Medication Errors as Leading Factors amongst Nursing Staff Working at Basra City Hospitals, Iraq. **International Journal of Innovation, Creativity and Change**, v. 13, n. 6, p. 606–615, 2020.

JERLEHAG, C.; LEE, P. J.; PARK, S. H.; JONES, T.; CARROLL, N. Acoustic environments of patient room in a typical geriatric ward. **Applied Acoustics**, v. 133, p. 186–193, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.12.022>.

KELLAM, B.; J. BHATIA. Sound spectral analysis in the intensive care nursery: Measuring high-frequency sound. **Journal of Pediatric Nursing**, v. 23, p. 317–323, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2007.09.009>.

KHAN, J.; KETZEL, M.; KAKOSIMOS, K.; SØRENSEN, M.; JENSEN, S. S. Road traffic air and noise pollution exposure assessment – A review of tools and techniques. **Science of The Total Environment**, v. 634, p. 661–676, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.374>.

KHOSRAVIPOUR, M.; KHANLARI, P. The association between road traffic noise and myocardial infarction : A systematic review and meta-analysis. **Science of the Total Environment**, v. 731, p. 139226, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139226>.

LAHAV, A. Questionable sound exposure outside of the womb: Frequency analysis of environmental noise in the neonatal intensive care unit. *Acta Paediatrica*, **International Journal of Paediatrics**, v. 104, p. e14–e19, 2015. <https://doi.org/10.1111/apa.12816>.

LICITRA, G.; CERCHIAI, M.; TETI, L.; ASCARI, E.; BIANCO, F.; CHETONI, M. Performance assessment of low-noise road surfaces in the leopoldo project: Comparison and validation of different measurement methods. **Coatings**, v. 5, p. 3–25, 2015. <https://doi.org/10.3390/coatings5010003>.

LICITRA, G.; FREDIANELLI, L.; PETRI, D.; VIGOTTI, M. A. Annoyance evaluation due to overall railway noise and vibration in Pisa urban areas. **Science of The Total Environment**, v. 568, p. 1315–1325, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.071>.

LICITRA, G.; MEMOLI, G. **Limits and advantages of Good Practice Guide to noise mapping**. In: Proc. - Eur. Conf. Noise Control; 2008.

LICITRA, G.; MORO, A.; TETI, L.; DEL PIZZO, L. G.; BIANCO, F. Modelling of acoustic ageing of rubberized pavements. **Applied Acoustics**, v. 146, p. 237–245, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2018.11.009>.

LICITRA, G.; TETI, L.; CERCHIAI, M.; BIANCO, F. The influence of tyres on the use of the CPX method for evaluating the effectiveness of a noise mitigation action based on low-noise road surfaces. **Transportation Research Part D**, v. 55, p. 217–226, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.07.002>.

LIN, Y.; CHEN, T.; CHANG, Y.; CHEN, M.; HWANG, B. Relationship between time-varying exposure to occupational noise and incident hypertension: A prospective cohort study. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 226, p. 113487, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113487>.

LOKHANDE, S. K.; DHAWALE, S. A.; PATHAK, S. S.; GAUTAM, R.; JAIN, M. C.; BODHE, G. L. Appraisal of noise level dissemination surrounding mining and industrial areas of Keonjhar, Odisha: A comprehensive approach using noise mapping. **Archives of Acoustics**, v. 42, p. 423–432, 2017. <https://doi.org/10.1515/aoa-2017-0044>.

LOUPA, G. Influence of Noise on Patient Recovery. **Current Pollution Reports**. <https://doi.org/10.1007/s40726-019-00134-3>.

LOUPA, G.; KATIKARIDIS, A.; KARALI, D.; RAPSOMANIKIS, S. Mapping the noise in a Greek general hospital. **Science of the Total Environment**, v. 646, p. 923–929, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.315>.

LUETZ, A.; WEISS, B.; PENZEL, T.; FIETZE, I.; GLOS, M.; WERNECKE, K. D.; BLUEMKE, B.; DEHN, A. M.; WILLEMEIT, T.; FINKE, A.; SPIES, C. Feasibility of noise reduction by a modification in ICU environment. **Physiological Measurement**, v. 37, p. 1041–1055, 2016. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/37/7/1041>.

MIEDEMA, H. M. E.; OUDSHOORN, C. G. M. Annoyance from transportation noise: Relationships with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. **Environmental Health Perspectives**, v. 109, p. 409–416, 2001. <https://doi.org/10.1289/ehp.01109409>.

MINICHILLI, F.; GORINI, F.; ASCARI, E.; BIANCHI, F.; COI, A.; FREDIANELLI, L.; LICITRA, G.; MANZOLI, F.; MEZZASALMA, L.; CORI, L. Annoyance judgment and measurements of environmental noise: A focus on italian secondary schools. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, p. 1–17, 2018. <https://doi.org/10.3390/ijerph15020208>.

MIODUSZEWSKI, P.; EJSMONT, J. A.; GRABOWSKI, J.; KARPINSKI, D. Noise map validation by continuous noise monitoring. **Applied Acoustics**, v. 72, p. 582–589, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2011.01.012>.

MONAZZAM, M. R.; KARIMI, E.; ABBASPOUR, M.; NASSIRI, P.; TAGHAVI, L. Spatial traffic noise pollution assessment - A case study. **International Journal of Occupational**

Medicine and Environmental Health, v. 28, p. 625–634, 2015.

<https://doi.org/10.13075/ijomeh.1896.00103>.

MONTES-GONZÁLEZ, D.; BARRIGÓN-MORILLAS, J. M.; ESCOBAR, V. G.; VÍLCHEZ-GÓMEZ, R.; REY-GOZALO, G.; ATANASIO-MORAGA, P.; MÉNDEZ-SIERRA, J. A. Environmental noise around hospital areas: A case study. **Environments - MDPI** 6. 2019. <https://doi.org/10.3390/environments6040041>.

MORILLAS, J. M. B.; GONZÁLEZ, D. M.; ESCOBAR, V. G.; GOZALO, G. R.; VÍLCHEZ-GÓMEZ, R. A proposal for producing calculated noise mapping defining the sound power levels of roads by street stratification. **Environmental Pollution**, v. 270, p. 116080, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116080>.

MOUSAVI, S. A.; SOHRABI, P. A comprehensive evaluation of the level of noise pollution in hospitals of kermanshah university of medical sciences. **Global Nest Journal**, v. 20, p. 363–367, 2018. <https://doi.org/10.30955/gnj.002416>.

MURPHY, E.; KING, E. A. Scenario analysis and noise action planning: modelling the impact of mitigation measures on population exposure. **Applied Acoustics**, v. 72, n. 8, p. 487–494, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2010.10.006>.

MUZET, A. Environmental noise, sleep and health. **Sleep Medicine Reviews**, v. 11, p. 135–142, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2006.09.001>.

OKOKON, E. O.; TAIMISTO, P.; TURUNEN, A. W.; AMODA, O. A.; FASASI, A. E.; ADEYEMI, L. G.; JUUTILAINEN, J.; LANKI, T. Particulate air pollution and noise: Assessing commuter exposure in Africa's most populous city. **Journal of Transport & Health**, v. 9, p. 150–160, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2018.04.003>.

OLIVEIRA, E.; LUZ, F.; OLIVEIRA, D.; NONATO, L.; OLIVEIRA, D.; HENRIQUE, P.; ZANNIN, T. Noise prediction based on acoustic maps and vehicle fleet composition. **Applied Acoustics**, v. 174, p. 107803, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107803>.

OLIVEIRA, L.; GOMES, C.; BACELAR NICOLAU, L.; FERREIRA, L.; FERREIRA, R. Environment in pediatric wards: Light, sound, and temperature. **Sleep Medicine**, v. 16, p. 1041–1048, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2015.03.015>.

OTENIO, M. H.; CREMER, E.; CLARO, E. M. T. Noise level in a 222 bed hospital in the 18th health region - PR. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v. 73, n. 2, p. 245-50, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0034-72992007000200016>.

PAIVA, K. M.; CARDOSO, M. R. A.; ZANNIN, P. H. T. Exposure to road traffic noise: Annoyance, perception and associated factors among Brazil's adult population. **Science of the Total Environment**, v. 650, p. 978–986, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.041>.

PIRSAHEB, M.; YARMOHAMMADI, H.; DABIRIAN, M.; ABDOLLAHZADEH, D.; SOHRABI, Y. A study of public and local noise level in wards of a state hospital in Kermanshah. **Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 11, p. 1069–1073, 2016. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2016.1069.1073>.

PMS - Prefeitura Municipal de Sorocaba. **Lei Ordinária nº 11.367, de 11 de julho de 2016 - Dispõe sobre o controle e fiscalização das atividades geradoras de poluição sonora; impõe penalidades e dá outras providências.** (Lei do silêncio) (8 p.), 2016. Diário Oficial do Município de Sorocaba.

PRATICÒ, F. G. On the dependence of acoustic performance on pavement characteristics. **Transportation Research Part D**, v. 29, p. 79–87, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2014.04.004>.

PRATICÒ, F. G.; ANFOSSO-LÉDÉE, F. Trends and Issues in Mitigating Traffic Noise through Quiet Pavements. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 53, p. 203–212, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.873>.

PREDRAG, I.; DRAGANA, N. M.; LJILJANA, S. B. Measuring and Mapping Noise Pollution in the City of Banja Luka. **Archives for Technical Sciences**, v. 1, p. 89–96, 2018. <https://doi.org/10.7251/afts.2018.1018.089i>.

RAMADHAN, S. H.; TALAL, S. K. Noise pollution in wards and other areas in general hospital at Zakho city-Kurdistan region/Iraq. **International Journal of Advanced and Applied Sciences**, v. 2, p. 16-20, 2015.

RAVINDRA, K.; SINGH, T.; TRIPATHY, J. P.; MOR, S.; MUNJAL, S.; PATRO, B.; PANDA, N. Assessment of noise pollution in and around a sensitive zone in North India and its non-auditory impacts. **Science of the Total Environment**, v. 566–567, p. 981–987, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.070>

REY, G.; GÓMEZ, V.; MIGUEL, J.; MORILLAS, B.; MONTES, D.; ATANASIO, P. Statistical attribution of errors in urban noise modeling. **Applied Acoustics**, v. 153, p. 20–29, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.04.001>.

ROSSI, I. A.; VIENNEAU, D.; RAGETTLI, M. S.; FLÜCKIGER, B. Estimating the health benefits associated with a speed limit reduction to thirty kilometres per hour : A health impact assessment of noise and road traffic crashes for the Swiss city of Lausanne. **Environment International**, v. 145, p. 106126, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106126>.

RUIZ-PADILLO, A.; RUIZ, D. P.; TORIJA, A. J.; RAMOS-RIDAO, Á. Selection of suitable alternatives to reduce the environmental impact of road traffic noise using a fuzzy multi-criteria decision model. **Environmental Impact Assessment Review**, v.61, p. 8–18, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.06.003>

SAMPAIO NETO, R. A.; MESQUITA, F. O. S.; PAIVA JUNIOR, M. D. S.; RAMOS, F. F.; ANDRADE, F. M. D.; CORREIA JUNIOR, M. A. V. Noise in the intensive care unit: quantification and perception by healthcare professionals. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, v. 22, n. 4, p. 369-374, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0103-507X2010000400010>.

SANTOS, J.; CARVALHAIS, C.; XAVIER, A.; SILVA, M. V. Assessment and characterization of sound pressure levels in Portuguese neonatal intensive care units. **Archives of Environmental & Occupational Health**, v. 73, p. 121–127, 2017. <https://doi.org/10.1080/19338244.2017.1304883>.

SAWYER, L. K.; KEMP, S.; JAMES, P. A. B.; HARPER, M. Noisy and restless: 24 h in an NHS community hospital ward, a qualitative and quantitative analysis of the patient environment. **Building and Environment**, v. 175, 2020.

<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106795>.

SCImago, (n.d.). SJR — **SCImago Journal & Country Rank** [Portal]. Disponível em: <http://www.scimagojr.com>. Acesso em: 01 Dec 2019.

SENATRAN - Secretaria Nacional de Trânsito. **Frota total de veículos emplacados em Abril/2022 em Sorocaba**. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/frota-de-veiculos-2022>. Acesso em: 29 Mai 2022.

SHIELD, B.; SHIERS, N.; GLANVILLE, R. The acoustic environment of inpatient hospital wards in the United Kingdom. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 140, p. 2213–2224, 2016. <https://doi.org/10.1121/1.4962276>.

SHOEMARK, H.; HARCOURT, E.; ARNUP, S. J.; HUNT, R. W. Characterising the ambient sound environment for infants in intensive care wards. **Journal of Paediatrics and Child Health**, v. 52, p. 436–440, 2016. <https://doi.org/10.1111/jpc.13084>.

SIEBER, C.; RAGETTLI, M. S.; BRINK, M.; OLANIYAN, T.; BAATJIES, R.; SAUCY, A.; VIENNEAU, D.; PROBST-HENSCH, N.; DALVIE, M. A.; RÖÖSLI, M. Comparison of sensitivity and annoyance to road traffic and community noise between a South African and a Swiss population sample. **Environmental Pollution**, v. 241, p. 1056–1062, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.06.007>.

SORENSEN, M.; NIELSEN, O. W.; SAJADIEH, A.; KETZEL, M.; TJONNELAND, A.; OVERVAD, K.; RAASCHOU-NIELSEN, O. Long-Term Exposure to Road Traffic Noise and Nitrogen Dioxide and Risk of Heart Failure: A Cohort Study. **Environmental Health Perspectives**, v. 125, p. 097021, 2017. <https://doi.org/10.1289/EHP1272>.

SOUBRA, M.; HARB, Y. A.; HATOUM, S.; YAZBECK, N.; KHOURY, M.; MANSOUR, E. B.; BADR, L. K. Effect of a quality improvement project to reduce noise in a pediatric unit. MCN, **The American Journal of Maternal/Child Nursing**, v. 43, p. 83–88, 2018. <https://doi.org/10.1097/NMC.0000000000000413>.

SOUZA, D. D. O.; ZANNIN, P. H. T. Aircraft noise mapping: Bacacheri Airport. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 8, n. 68, p. 22–30, 2020. <https://doi.org/10.17271/2318847286820202727>.

SUSANTO, A.; SETYAWAN, D. O.; SETIABUDI, F.; SAVIRA, Y. M.; LISTIARINI, A.; PUTRO, E. K.; MUHAMAD, A. F.; WILMOT, J. C.; ZULFAKAR, D.; KARA, P.; SHOFWATI, I.; SODIKIN, S.; TEJAMAYA, M. GIS-based mapping of noise from mechanized minerals ore processing industry. **Noise Mapping**, v. 8, n. 1, p. 1–15, 2021. <https://doi.org/10.1515/noise-2021-0001>.

TANG, H.; DING, J.; LIN, Z. On-site measurement of indoor environment quality in a Chinese healthcare facility with a semi-closed hospital street. **Building and Environment**, v. 173, p. 106637, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106637>.

- TAUFNER, M. D.; GAMA, A. P.; SLAMA, J. G.; TORRES, J. C. B. Noise metrics analysis in schools near airports: A Brazilian case study. **Noise Mapping**, v. 7, n. 1, p. 21–34, 2020. <https://doi.org/10.1515/noise-2020-0003>.
- TERZI, B.; AZIZOĞLU, F.; POLAT, Ş.; KAYA, N.; İŞSEVER, H. The effects of noise levels on nurses in intensive care units. **Nursing in Critical Care**, v. 24, p. 299–305, 2019. <https://doi.org/10.1111/nicc.12414>.
- TEZEL, M. N.; SARI, D.; OZKURT, N.; KESKIN, S. S. Combined NOx and noise pollution from road traffic in Trabzon, Turkey. **Science of the Total Environment**, v. 696, p. 134044, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134044>.
- ULRICH, R.; QUAN, X. H. Systems, C. Architecture, A. Texas, The Role of the Physical Environment in the Hospital of the 21st Century: A Once-In-A-Lifetime Opportunity, Designing the 21st Century Hospital Project, Concord, 2004. Disponível em: https://www.healthdesign.org/system/files/Ulrich_Role%20of%20Physical_2004.pdf. Acesso em: 22 Set 2020.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – US EPA. **Information on levels of environmental noise requisite to protect public health and welfare with adequate margin of safety** (report no. 550-9-74-004). Washington, DC: Government Printing Office; 1974.
- van KEMPEN, E.; CASAS, M.; PERSHAGEN, G.; FORASTER, M. WHO environmental noise guidelines for the European region: A systematic review on environmental noise and cardiovascular and metabolic effects: A summary. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, p. 1–59, 2018. <https://doi.org/10.3390/ijerph15020379>.
- VIEIRA, E. M. DE A.; SILVA, L. B. DA.; SOUZA, E. L. The influence of the workplace indoor environmental quality on the incidence of psychological and physical symptoms in intensive care units. **Building and Environment**, v. 109, p. 12–24, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.09.007>.
- WALLIS, R.; HARRIS, E.; LEE, H.; DAVIES, W.; ASTIN, F. Environmental noise levels in hospital settings: A rapid review of measurement techniques and implementation in hospital settings. **Noise Health**, v. 21, p. 200–216, 2019. https://doi.org/10.4103/nah.NAH_19_18.
- WG-AEN, European Commission Working Group. **Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure**; 2006: p. 1-129.
- WHO Europe, 2009, **WHO night noise guidelines for Europe**, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen. Disponível em: https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0017/43316/E92845.pdf. Acesso em: 01 Mai 2022.
- WHO and JRC, 2011, **Burden of disease from environmental noise - Quantification of healthy life years lost in Europe**, World Health Organization. Disponível em: https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0008/136466/e94888.pdf. Acesso em: 14 Jun 2022.

WOSNIACKI, G. G.; ZANNIN, P. H. T. Framework to manage railway noise exposure in Brazil based on field measurements and strategic noise mapping at the local level. **Science of the Total Environment**, v. 757, p. 143721, 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143721>.

WU, Y.; MENG, Q.; LI, L.; MU, J. Interaction between sound and thermal influences on patient comfort in the hospitals of China's northern heating region. **Applied Sciences**, v. 9, n. 24, p. 5551, 2019. <https://doi.org/10.3390/app9245551>.

WYSOCKI, A. B. The effect of intermittent noise exposure on wound healing. **Adv. Wound Care**, v. 9, n. 1, p. 35-9, 1996.

YILDIRIM, H.; MAYDA, A. S. Determination of Noise Levels in the Outpatient Clinics of Medical Faculty Hospital At Xxx University. **Konuralp Tıp Dergisi**, v. 11, p. 235–241, 2019. <https://doi.org/10.18521/ktd.434486>.

ZANNIN, P. H. T.; BUNN, F. Noise annoyance through railway traffic - A case study. **Journal of Environmental Health Science and Engineering**, v. 12, n. 1, p. 1–12, 2014. <https://doi.org/10.1186/2052-336X-12-14>.

ZANNIN, P. H. T.; DINIZ, F. B.; BARBOSA, W. A. Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil. **Applied Acoustics**, v. 63, n. 4, p. 351–358, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0003-682X\(01\)00052-4](https://doi.org/10.1016/S0003-682X(01)00052-4).

ZANNIN, P. H. T.; DO NASCIMENTO, E. O.; DA PAZ, E. C.; DO VALLE, F. Application of artificial neural networks for noise barrier optimization. **Environments**, v. 5, n. 12, p. 1–20, 2018. <https://doi.org/10.3390/environments5120135>.

ZANNIN, P. H. T.; DO VALLE, F.; DO NASCIMENTO, E. O. Assessment of Noise Pollution along Two Main Avenues in Curitiba, Brazil. **Open Journal of Acoustics**, v. 09, n. 02, p. 26–38, 2019a.

ZANNIN, P. H. T.; ENGEL, M. S.; FIEDLER, P. E. K.; BUNN, F. Characterization of environmental noise based on noise measurements, noise mapping and interviews: A case study at a university campus in Brazil. **Cities**, v. 31, p. 317–327, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2012.09.008>.

ZANNIN, P. H. T.; FERRAZ, F. Assessment of Indoor and Outdoor Noise Pollution at a University Hospital Based on Acoustic Measurements and Noise Mapping. **Open Journal of Acoustics**, v. 06, p. 71–85, 2016. <https://doi.org/10.4236/oja.2016.64006>.

ZANNIN, P. H. T.; MILANÊS, M. L.; DE OLIVEIRA FILHO, M. V. M. Evaluation of Noise in the Vicinity of a Hospital and a Gated Community. **Current Urban Studies**, v. 07, p. 59–75, 2019b. <https://doi.org/10.4236/cus.2019.71004>.

ZIJLSTRA, E.; HAGEDOORN, M.; KRIJNEN, W. P.; et al. The effect of a non-talking rule on the sound level and perception of patients in an outpatient infusion center. **PLoS One**, v. 14, p. 1–15, 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212804>.

APÊNDICE A

(continua)

Autor	Área de conhecimento da revista	Cidade e país do estudo	Lei/norma de referência	Área de experiência do autor	Foco do estudo	Equipamento usado	Propôs ou adotou medidas
Carvalhais et al. (2015)	Ciência Ambiental	Porto, Portugal	WHO	Saúde e ambiente	Dentro de 1 hospital (UTI neonatal)	01-DB Solo-Premium	Propôs e adotou medidas
Chen (2015)	Acústica	Várias cidades em Taiwan	WHO	Arquitetura	Dentro de 16 hospitais (várias salas de espera)	Brüel & Kjær Pulse	Propôs 1 medida
Fiedler e Zannin (2015)	Ciência Ambiental	Curitiba, Brasil	Lei municipal nº 10625/2002	Acústica ambiental	Fora de 2 hospitais	Brüel & Kjær 2250 and 2238	Propôs medidas em simulações
Filus et al. (2015)	Medicina	Curitiba, Brasil	NBR 10152/87	Distúrbios da comunicação	Dentro de 1 hospital (sala de emergência)	Brüel & Kjær 2230	Propôs medidas
Lahav (2015)	Medicina	Boston, USA	AAP	Medicina	Dentro de 1 hospital (UTI neonatal)	Brüel & Kjær 2250-L	Não
Monazzam et al. (2015)	Medicina	Teerã, Irã	Departamento Iraniano de Meio Ambiente	Saúde ocupacional e ambiente	Fora de 2 hospitais	Brüel & Kjær 2230	Propôs medidas
Oliveira et al. (2015)	Medicina	Portugal	WHO	Pediatria	Dentro de 1 hospital (5 enfermarias pediátricas e corredores)	01 dB Symphonie	Não
Galindo et al. (2016)	Medicina	Santa Marta, Colombia	Lei nacional e internacionais	Modelagem de sistemas ambientais	Dentro de 1 hospital (3 UTIs)	Casella CEL-633-C1K1	Não

(continuação)

Luetz et al. (2016)	Engenharia genética	Alemanha	WHO	Medicina	Dentro de 1 hospital (2 UTIs)	XL2	Adotou medidas
Pirsaheb et al. (2016)	Engenharia	Kermanshah, Irã	NIOSH (98)/EPA (74)/Norma Iraniana	Engenharia ambiental	Dentro de 1 hospital (vários pontos)	TES 1358	Medidas propostas e estudos externos
Shield et al. (2016)	Acústica	Londres, Inglaterra	WHO	Arquitetura e construção	Dentro de 2 hospitais (5 enfermarias)	Norsonic 140	Propôs medidas
Shoemark et al. (2016)	Pediatria	Melbourne, Australia	Norma nacional/ AAP / Consensus Committee on Newborn ICU Design	Pediatria	Dentro de 2 hospitais (UTI neonatal/pediátrica e berçário)	Quest Sound Pro DL	Não
Vieira et al. (2016)	Engenharia	João Pessoa, Brasil	NBR 10152/87	Engenharia	Dentro, mas não citou o número de hospitais (9 UTIs adulto)	Brüel & Kjær 2250-L	Não
Ai et al. (2017)	Engenharia civil	Hong Kong, China	Não citado	Engenharia	Dentro de 1 hospital (clínica odontológica pediátrica e laboratório para implantes dentários e próteses)	Brüel & Kjær 2270	Não
Disher et al. (2017)	Enfermagem	Nova Scotia, Canada	Não citado	Enfermagem	Dentro de 1 hospital (3 UTIs neonatais e 1 UTI pediátrica)	3M SoundPro	Propôs medidas

(continuação)

D'Souza et al. (2017)	Medicina	Udupi, Índia	EPA/WHO/ AAP	Enfermagem	Dentro de 1 hospital (UTI neonatal)	Brüel & Kjær 2250	Não
Galindo et al. (2017)	Medicina	Santa Marta, Colombia	Não citado	Modelagem de sistemas ambientais	Dentro de 1 hospital (UTI neonatal)	Casella CEL-633-C1K1	Não
Santos et al. (2017)	Ciência ambiental	Norte de Portugal	WHO/EPA/AAP	Saúde e ambiente	Dentro de 3 hospitais (UTI neonatal)	01 dB Solo-Premium	Propôs medidas
Bevan et al. (2018)	Medicina	Southampton, Inglaterra	WHO	Ciências clínicas e médicas	Dentro de 1 hospital (quartos privados)	Brüel & Kjær 2236	Não
Predrag et al. (2018)	Engenharia	Banja Luka, Bosnia e Herzegovina	Norma nacional	Ecologia e proteção	Fora de 2 hospitais	Brüel & Kjær 2260	Não
Bliefnick et al. (2019)	Acústica	Central USA	WHO	Arquitetura e construção	Dentro de 1 hospital (15 salas de pacientes e 5 postos de enfermagem)	Larson Davis 831	Propôs e adotou medidas
Cho et al. (2019)	Medicina	Seoul, Coreia do Sul	WHO	Metrologia física	Dentro de 1 hospital (muitos pontos)	Brüel & Kjær 2270	Não
Loupa et al. (2019)	Ciência ambiental	Kavala, Grécia	Não citado	Poluição do ar	Dentro e fora de 1 hospital (muitos locais)	Casella CEL-490	Não
Montes-González et al. (2019)	Ciência ambiental	Badajoz, Espanha	WHO/ EPA/ Legislação Espanhola	Física aplicada	Dentro de 1 hospital (16 pontos)	01dB OPER@/ Brüel & Kjær	Propôs medidas

(continuação)

						2250L and 2238	
Terzi et al. (2019)	Enfermagem	Istanbul, Turquia	WHO	Ciências da saúde	Dentro de 1 hospital (10 UTIs)	Brüel & Kjær 2250-L	Não
Tezel et al. (2019)	Ciência ambiental	Trabzon, Turquia	Legislação Turca	Engenharia ambiental	Fora de 48 hospitais	SVAN 958	Não
Wu et al. (2019)	Engenharia	Harbin, Wuchang, Qitaihe, Chifeng, Changchun, Meihekou, China	Não citado	Ciência e tecnologia ambiental	Dentro de 18 hospitais (alas)	BSWA-801	Não
Yildirim e Mayda (2019)	Medicina	Düzce, Turquia	WHO/ EPA/ Legislação Turca	Saúde pública	Dentro de 1 hospital (11 áreas de espera dos ambulatorios)	SVAN 957	Não
Zijlstra et al. (2019)	Multidisciplinar	Groningen, Holanda	WHO	Ciências aplicadas	Dentro de 1 hospital (centro de infusão)	Brüel & Kjær 2250	Propôs e adotou medidas
Astin et al. (2019)	Enfermagem	Norte da Inglaterra	WHO	Ciências da saúde	Dentro de 1 hospital (2 quartos)	Casella, CEL-632C	Propôs medidas
García-Rivero et al. (2020)	Acústica	Lima, Peru	WHO/ Regulamento Peruano	Sustentabilidade	Fora de 4 hospitais	BSWA-308	Propôs medidas
Hasegawa e Ryherd (2020)	Acústica	Meio oeste USA	Não citado	Arquitetura	Dentro de 1 hospital (UTI pediátrica)	Larson Davis 831	Propôs medidas

(conclusão)

Tang et al. (2020)	Engenharia	Shenzhen, China	Norma Chinesa GB/T 51153-2015	Arquitetura	Dentro de 1 hospital (rua hospitalar, áreas de espera ambulatorial)	Casella CEL- 6X0	Não
-----------------------	------------	--------------------	----------------------------------	-------------	---	---------------------	-----