

FIA 2020/22

XII CONGRESSO/CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA

XXIX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Florianópolis, SC, Brasil

Caracterização de ruído de tráfego veicular em áreas sensíveis na região central de Santa Maria-RS

Tonetto, G.¹; dos Santos, C.¹; Meller, G.²; Melo, V. S. G.^{1,2}

¹ Engenharia Acústica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil,
{geovane.tonetto, christian.santos, viviane.melo}@eac.ufsm.br

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil,
gabrielameller0@gmail.com

Resumo

O ruído de tráfego veicular é uma das principais fontes de ruído em ambientes urbanos, sendo um grande causador da poluição sonora e incômodo aos habitantes, sobretudo, em pontos críticos, como vias de maior movimento nas regiões centrais das cidades, afetando a saúde e o bem-estar das pessoas. Nesse contexto, este artigo tem o objetivo de caracterizar o ruído de tráfego veicular no entorno de áreas sensíveis (escolas e hospitais), na região central da cidade de Santa Maria, RS. A partir da escolha dos objetos de estudo, a metodologia se baseia em realizar medições em campo, de acordo com as determinações da norma ABNT NBR 10151:2019, cujos pontos de medição são distribuídos no entorno de escolas e hospitais. Apesar do ruído de tráfego veicular não fazer parte do escopo da ABNT NBR 10151:2019, ela foi usada no estudo por ser a normativa brasileira indicada para "aplicação de uso geral em medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas" e por falta de referências nacionais específicas. A coleta de dados foi realizada durante o segundo semestre de 2021, em dias típicos (úteis), em horários de maior fluxo veicular e, também, durante os horários das aulas (nos períodos matutino e vespertino). De posse dos resultados, é identificado que, em todas as regiões com nível de pressão sonora medido nas condições de coleta, apresentam valores acima do limite recomendado pela norma vigente para regiões de áreas mistas com predominância de atividades comerciais, com L_{Aeq} acima de 60 dB. Diante dos resultados encontrados, identifica-se, para trabalhos futuros, a necessidade de verificação e análise do ruído incidente nas fachadas das edificações e a demanda de se elaborar mapas de ruído de tráfego veicular para diagnosticar regiões consolidadas e, posteriormente, sugerir assertivamente a realização de intervenções urbanas e, quando necessárias, em edifícios.

Palavras-chave: acústica ambiental, ruído de tráfego veicular, escolas e hospitais, poluição sonora.

PACS: 43.28.Hr, 43.50.Lj, 43.50.Rq.

Characterization of vehicular traffic noise in sensitive areas in the central region of Santa Maria-RS

Abstract

Vehicle traffic noise is one of the main sources of noise in urban environments, being a major cause of noise pollution and annoyance to inhabitants, especially at critical points, such as busy roads in central regions of cities, affecting health and people's well-being. In this context, this article aims to characterize vehicular traffic noise around sensitive areas (schools and hospitals), in the central region of the city of Santa Maria, RS. From the choice of objects of study, the methodology is based on carrying out field measurements, following the determinations of the ABNT NBR 10151:2019 standard, whose measurement points are distributed around schools and hospitals. Although vehicular traffic noise is not part of the scope of ABNT NBR 10151:2019, it was used in the study because it is the Brazilian standard indicated for "general use application in measurement and evaluation of sound pressure levels in inhabited environments" and for lack of specific national references. Data acquisition was carried out during the second half of 2021, on typical days (working days), at peak traffic times, and also during class times (in the morning and afternoon). In possession of the results, it is identified that in all regions with sound pressure levels measured under the collection condition, it presents values above the limit recommended by the current standard for regions of mixed areas with a predominance of commercial activities, with RLA_{eq} above 60 dB. Given the results found, it is identified for future work the need to verify and analyze the noise incident on the facades of buildings and the demand to prepare noise maps of vehicular traffic to diagnose consolidated regions and, later, assertively suggest the realization of urban interventions and, when necessary, in buildings.

Keywords: environmental acoustics, vehicular traffic noise, schools and hospitals, noise pollution.



1. INTRODUÇÃO

O ruído excessivo pode prejudicar a saúde humana e, além disso, interferir nas atividades diárias das pessoas na escola, no trabalho, em casa e no lazer. Atualmente, o ruído é a segunda causa de maior poluição no mundo, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (World Health Organization - WHO) [1]. Diante dos efeitos nocivos que o ruído pode causar aos humanos é importante quantificar o nível de ruído ao qual a população está exposta. Ademais, o ruído urbano pode ser proveniente de diferentes fontes sonoras como rodovias, ferrovias, aeroportos, atividades de lazer, comércio, indústrias e obras da construção civil [2].

Dentre as diferentes fontes de ruído nas áreas urbanas, uma atenção especial deve ser dada no ruído de tráfego, uma vez que este é responsável por 50% das emissões [3, 4]. O ruído de tráfego emitido nos centros urbanos ocorre de forma diferente ao das rodovias. Nas áreas urbanas os veículos apresentam velocidade instável em virtude dos efeitos de acelerações e desacelerações causadas por semáforos, congestionamentos, faixa de pedestre, entre outros. Já nas rodovias a velocidade costuma ser, majoritariamente, constante [5].

Considerando a necessidade de realizar a verificação e o estudo das regiões em que há exposição de pessoas aos ruídos, cumpre destacar que algumas áreas são mais sensíveis devido às atividades que desempenham como escolas e hospitais. Para isso, inicialmente, é necessário analisar qual o tipo de ruído predominante no entorno das edificações e, a partir disso, verificar se essas regiões estão dentro dos limites máximos de nível de pressão sonora (NPS) estipulados pelas normas vigentes. A norma NBR 10.151 "Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas" estabelece os procedimentos técnicos a serem adotados na execução de medições de NPS em ambientes internos e externos às edificações, em função da finalidade de uso e ocupação do solo [6]. Dessa forma, a partir das medições realizadas no entorno e da classificação da Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS), extraído do plano diretor da cidade, é possível avaliar se a área está dentro nos limites de NPS. Em seguida, é possível efetuar as medidas necessárias para a adequação da edificação, como o tratamento acús-

tico de fachadas, implantação de barreira acústica ou, até mesmo, realizar intervenções diretamente na fonte causadora de ruído como alterar o tipo de pavimentação, adicionar redutores de velocidade nas vias, entre outros.

Há diversos métodos para mensurar e estimar o NPS em uma região. Dentre eles, os mapas sonoros são utilizados como uma ferramenta para quantificar e obter informações detalhadas do ambiente sonoro, sendo um instrumento importante para que os gestores municipais. Além disso, o mapa de ruído é um recurso que auxilia o projetista no planejamento urbano, no qual se busca a redução e o controle de ruído. Há vários programas de acústica provisional para elaboração e construção de mapas sonoros, dentre eles podemos citar: o SoundPLAN [7], CadnaA (*Computer Aided Noise Abatement*) [8], o Predictor-LimA [9], entre outros. Esses programas utilizam modelos de predição de ruído de tráfego como: o da administração federal de rodovias dos Estados Unidos (*Federal Highway Administration – FHWA*) [10], o método comum de avaliação de ruído na Europa (*Common Noise Assessment Methods in Europe – CNOSSOS-EU*) [11], as diretrizes para proteção contra ruído nas estradas na Alemanha (*Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen – RLS-19*) [12], o método de previsão de ruído nórdico, Nord2000 [13], o método de predição de ruído da ISO 9613-2 [14], entre outros. Como exemplo do uso de mapas sonoros, tem-se a área da cidade de Lima (Peru), a qual analisou os NPS no entorno de quatro hospitais [15]. Já para a área urbana da cidade de Jeddah, na Arábia Saudita, foram utilizados mapas de ruído para identificar e monitorar a irritação oriunda do ruído do tráfego [16]. Assim, o uso de mapas sonoros pode ser um aliado desde a realização de um projeto de edifício até a elaboração e gestão do planejamento urbano de uma cidade.

Este estudo tem como principal objetivo caracterizar o ruído de tráfego veicular em áreas sensíveis, escolas e hospitais, na região central da cidade de Santa Maria-RS.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste trabalho está dividida em zoneamento ambiental dos centros urbanos e normatização utilizada para a compreensão necessária do objeto de estudo.

2.1 Zoneamento ambiental

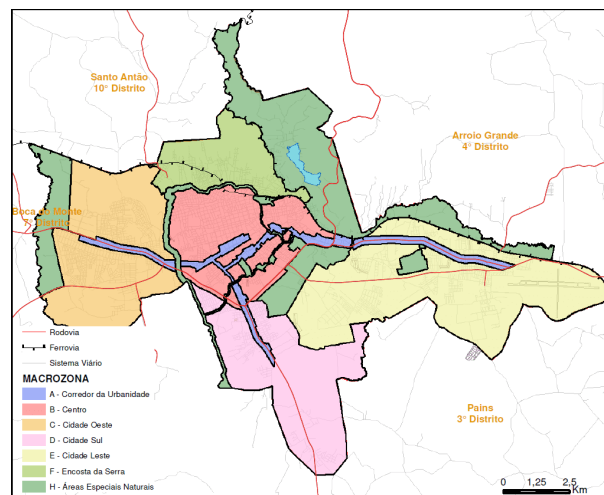
O zoneamento ambiental é um importante meio para contribuir na construção de um modelo de cidade sustentável. A forma mais tradicional de zoneamento é o uso e ocupação do solo, que prevê a separação dos usos (industrial, comercial, residencial etc.), o qual é adotado pela maior parte das cidades brasileiras.

Existem leis de zoneamento em âmbito federal, estadual, regional e municipal. No âmbito federal, o zoneamento ecológico-econômico (ZEE) é o instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente de organização do território [17].

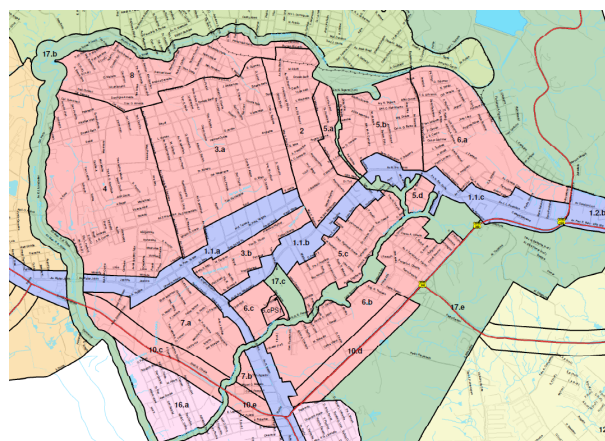
2.1.1 Zoneamento ambiental de Santa Maria

O zoneamento ambiental da cidade de Santa Maria, RS, se dá a partir da Lei Complementar Nº 117, de 26 de julho de 2018 [18], que “estabelece as normas e as condições para o uso, ocupação, parcelamento do solo, perímetro urbano e sistema viário do Município de Santa Maria”.

A cidade de Santa Maria está dividida em sete macrozonas, no distrito sede, conforme Figura 1a, e em dezenove partes cujas zonas de uso estão representadas por siglas e obedecem uma classificação que é baseada em função da predominância de uso e densidade residencial [18], conforme visto na Figura 1b, destacando a macrozona Centro, local onde se situam as áreas de estudo deste trabalho.



(a) Macrozonas da cidade de Santa Maria (retirado de [18]).



(b) Macrozona Centro (região central de Santa Maria) dividida por zonas de uso (retirado de [18]).

Figura 1: Zoneamento ambiental da cidade de Santa Maria, RS.

2.2 Normatização

A norma NBR 10151:2019 [6], intitulada de “Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral”, determina algumas condições de medições acústicas em ambientes externos a edificação, nas quais foram seguidas neste estudo. Vale destacar, que apesar do ruído de tráfego veicular não fazer parte do escopo da NBR 10151:2019, ela foi usada no estudo por ser a normativa brasileira indicada para “aplicação de uso geral em medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas” e por falta de referências nacionais específicas. A norma referida define critérios de avaliação para ambientes externos, de acordo com as atividades predominantes em determinada



área e período do dia, conforme apresentado no Quadro 1, que destaca a função da área, em que se encontram as áreas de estudo, e o período do dia em que as medições ocorreram.

Quadro 1: Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período (adaptado de [6]).

Tipos de áreas habitadas	RLAeq Limites de níveis de pressão sonora (dB)	
	Período diurno	Período noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

3. DESENVOLVIMENTO

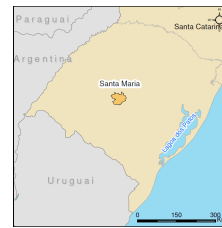
O desenvolvimento desse trabalho está dividido em áreas de estudo e pontos de medições, questões normativas e coleta dos dados.

3.1 Áreas de estudo e pontos de medições

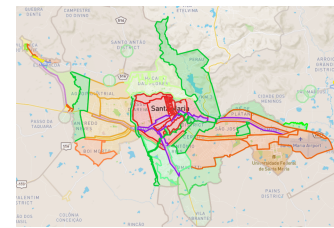
A cidade de Santa Maria está localizada na região sul do Brasil, mais precisamente no centro do estado do Rio Grande do Sul (Figura 2a). Atualmente, a cidade possui uma população de aproximadamente 285.000 habitantes e uma área territorial de 1.780,194 km² [19].

Definiu-se como objeto de estudo áreas sensíveis (escolas e hospitais) da região central da cidade, conforme zoneamento mostrado na Figura 2b. Com objetivo de caracterizar o ruído de tráfego veicular, essas áreas foram selecionadas por estarem localizadas na região de maior concentração populacional da cidade e por estarem situadas nas margens de vias de fluxo veicular intenso.

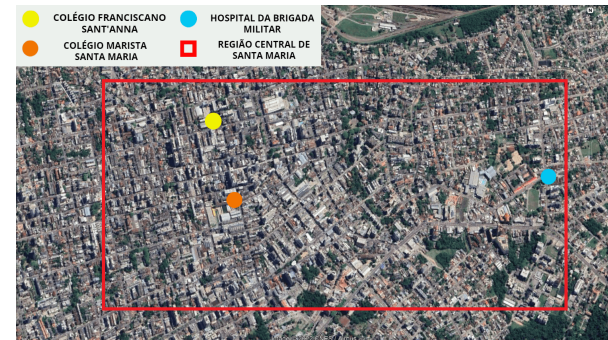
Assim, estabeleceu-se como objetos de estudo os colégios Franciscano Sant'Anna, localizado na rua dos Andradas e rua Floriano Peixoto, e Marista Santa Maria, localizado na rua Floriano Peixoto, ambos situados no bairro Centro; além do Hospital da Brigada Militar, localizado na rua Euclides da Cunha, situado no bairro Nossa Sra. das Dores, sendo a localização dos três edifícios apresentada na Figura 2c.



(a)



(b)



(c)

Figura 2: 2a Localização de Santa Maria no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (retirado de [18]). 2b Zoneamento da cidade de Santa Maria (retirado de [18]). 2c Região central de Santa Maria com a demarcação das áreas de estudo.

Quanto aos pontos de medições, foram distribuídos dois pontos de medição no entorno do Colégio Marista Santa Maria, sendo os dois pontos na rua Floriano Peixoto (na frente da escola), conforme Figura 3.

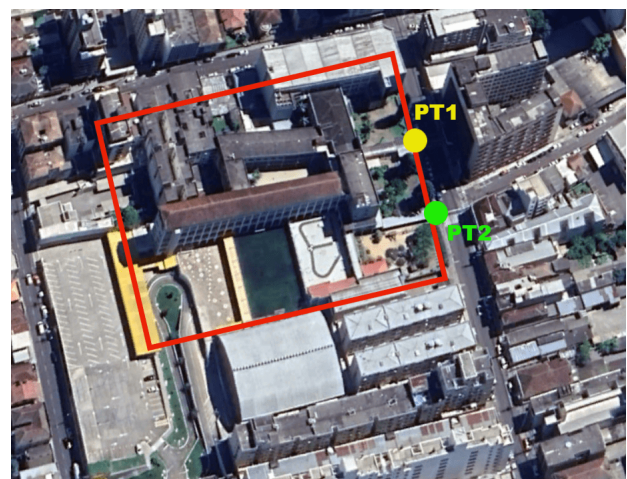


Figura 3: Localização dos pontos de medição no Colégio Marista Santa Maria.

Já para o Colégio Franciscano Sant'Anna, foram distribuídos quatro pontos de medição no entorno, sendo dois pontos na rua dos Andradas (na frente

da escola) e, dois pontos na rua Floriano Peixoto (ao lado da escola), conforme a Figura 4. Vale mencionar que as duas faces do colégio foram escolhidas pois se tratam de vias com fluxo intenso.

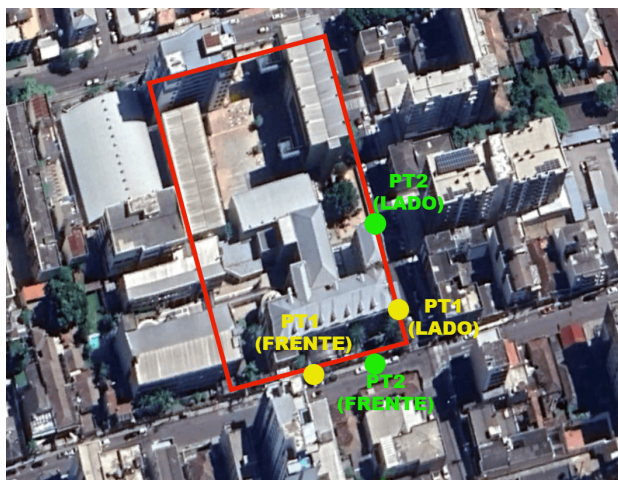


Figura 4: Localização dos pontos de medição no Colégio Franciscano Sant' Anna.

Para Hospital da Brigada Militar de Santa Maria foram distribuídos dois pontos de medição no entorno, sendo os dois pontos na rua Euclides da Cunha (frente do hospital), conforme ilustra a Figura 5.

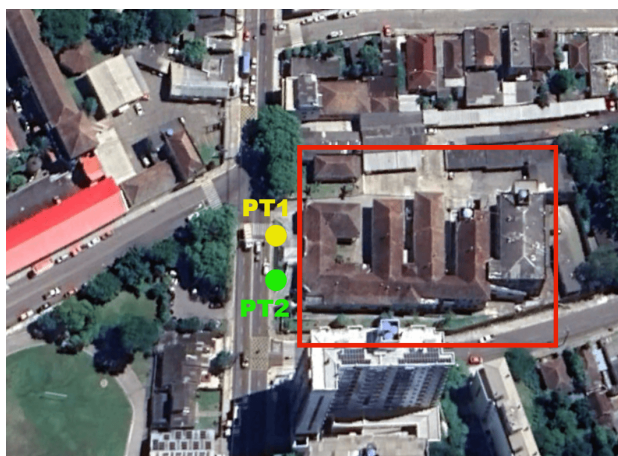


Figura 5: Localização dos pontos de medição no Hospital da Brigada Militar de Santa Maria.

3.2 Questões normativas

As áreas das duas escolas e do hospital foram classificadas de acordo com a Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS) para cada região e, em seguida, foram classificadas conforme a norma NBR 10.151 [6] (Quadro 1), essa classificação ocorreu a fim de termos parâmetros para avaliar se o ruído emitido no entorno dos edifícios esta-

riam dentro dos limites de NPS em função dos tipos de áreas habitadas e dos períodos do dia.

3.3 Coleta dos dados

Para caracterizar as áreas de interesse, foram coletados os dados a partir de medições de NPS, do fluxo de tráfego veicular e de dados meteorológicos, entre os meses de julho e novembro de 2021, em pontos distribuídos no entorno das edificações (as duas escolas e o hospital), conforme exemplo de medição da Figura 6.



Figura 6: Exemplo de medição de nível de pressão sonora em um ponto de coleta.

A instrumentação utilizada na coleta dos dados de NPS, meteorológicos e de fluxo de tráfego, é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Instrumentação utilizada durante as medições.

Quant.	Instrumento	Marca/Modelo
02	Sonômetro	01dB Solo-Grey ns.30448 B&K Type 2270-S
02	Microfone	01dB MCE215 B&K 1/2" FreeField
02	Calibrador sonoro	Instrutemp IP-ND9 ns.N431769 B&K Type 4231
02	Tripé	—
02	Protetor de vento	Instrutemp
01	Termo-higrômetro	J.PROLAB 1566-1 (SH-122)
01	Trena	Tramontina
03	Contador manual	—

O procedimento de medição acompanhou instruções e determinações da norma NBR 10151 [6]. Os pontos de medições foram posicionados a 1,2 m do solo e distante 2,0 m de superfícies re-



fletoras, sejam de muros, veículos ou fachadas. Também foram realizados ajustes do microfone antes e depois de cada sequência de medição.

Todas as medições (acústicas, de tráfego e meteorológicas) foram realizadas em dias úteis, de segunda-feira a sexta-feira, com o intuito dos dados serem fidedignos com as características típicas dos locais de estudo. A delimitação dos horários das medições dos NPS se diferenciou pelo propósito da área. Nas escolas, as medições ocorreram das 9h00min às 11h00min (período matutino) e das 14h00min às 16h00min (período vespertino), para englobar o horário de aula, pelo fato dos alunos e professores estarem no interior das escolas, e das 17h00min às 19h00min para o horário de maior fluxo veicular (pico) no entorno. Já no hospital, as medições ocorreram apenas das 17h00min às 19h00min, pelo fato da necessidade de coletar apenas os valores de maior fluxo veicular na região.

Para determinar o tempo de medição, se considerou que, segundo a norma NBR 10151 [6], o tempo de medição em cada ponto deve ser definido de modo a permitir a caracterização sonora do objeto de medição. Com isso, optou-se por estudar medições contínuas de 15 e 30 minutos, com o intuito de compará-las futuramente.

Para as medições do fluxo de tráfego veicular, foram efetuadas as contagens de veículos durante o tempo total das medições acústicas. Separadamente, contou-se veículos leves (automóveis), veículos pesados (caminhões, ônibus etc.) e motocicletas. Essa contagem foi feita de maneira manual pelos autores deste trabalho, com a ajuda de um contador numérico manual e, após, anotaram-se em tabelas os valores totais de cada categoria.

Para averiguação das condições meteorológicas, utilizou-se um termo-higrômetro para monitorar a temperatura e a umidade do local. Vale destacar que as medições não foram realizadas durante precipitações pluviométricas, trovoadas ou sob condições ambientais de vento, temperatura e umidade relativa do ar em desacordo com as especificações dos fabricantes dos instrumentos, segundo orientação da NBR 10151 [6].

A Tabela 2, apresenta todas as informações de cada ponto de coleta, como data, local, horário/turno de medição, entre outros.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados deste trabalho estão divididos pelas áreas de estudo e a comparação entre elas, apresentados em tabelas e gráficos com respectivas discussões.

4.1 Colégio Marista Santa Maria

O Colégio Marista Santa Maria está situado na rua Floriano Peixoto e, conforme o LUOS de Santa Maria, a área é classificada como Zona A.3 com uso predominantemente comercial e de serviços.

A Tabela 3 apresenta o fluxo de veículos na rua Floriano Peixoto, por ponto de medição e por tipo de veículo, coletados nos dias e horários das medições acústicas.

Conforme a NBR 10.151 [6] o RL_{Aeq} máximo permitido para esse tipo de zoneamento é de 60 dB durante o período diurno (7h00min – 22h00min).

Tabela 2: Tabela de informações de todas as coletas de dados.

DATA	ESCOLA	REGIÃO	BAIRRO	HORÁRIO/TURNO	LOCAL	PONTO(S)	MEDIÇÃO	MEDIDOR
14/07/2021	Hospital da Brigada	CENTRO	N. Sra. das Dores	PICO/TARDE	Frente	1 e 2	15, 30 min	01dB Solo
21/07/2021	Colégio Marista Santa Maria	CENTRO	Centro	PICO/TARDE	Frente	1 e 2	15, 30 min	01dB Solo
11/08/2021	Colégio Franciscano Sant'Anna	CENTRO	Centro	PICO/TARDE	Frente	1 e 2	15, 30 min	01dB Solo
18/08/2021	Colégio Franciscano Sant'Anna	CENTRO	Centro	PICO/TARDE	Lado	1 e 2	15, 30 min	01dB Solo
26/10/2021	Colégio Marista Santa Maria	CENTRO	Centro	AULA/TARDE	Frente	2	15, 30 min	01dB Solo
28/10/2021	Colégio Marista Santa Maria	CENTRO	Centro	AULA/MANHÃ	Frente	1	15, 30 min	01dB Solo
04/11/2021	Colégio Marista Santa Maria	CENTRO	Centro	AULA/TARDE	Frente	1	15, 30 min	01dB Solo
09/11/2021	Colégio Marista Santa Maria	CENTRO	Centro	AULA/MANHÃ	Frente	2	15, 30 min	01dB Solo
09/11/2021	Colégio Franciscano Sant'Anna	CENTRO	Centro	AULA/TARDE	Lado	1	15, 30 min	01dB Solo
11/11/2021	Colégio Franciscano Sant'Anna	CENTRO	Centro	AULA/MANHÃ	Lado	1 e 2	15, 30 min	01dB Solo e B&K 2270
12/11/2021	Colégio Franciscano Sant'Anna	CENTRO	Centro	AULA/MANHÃ	Frente	1 e 2	15, 30 min	01dB Solo e B&K 2270
19/11/2021	Colégio Franciscano Sant'Anna	CENTRO	Centro	AULA/TARDE	Frente	1 e 2	15, 30 min	01dB Solo e B&K 2270
30/11/2021	Colégio Franciscano Sant'Anna	CENTRO	Centro	AULA/TARDE	Lado	2	15, 30 min	01dB Solo

Tabela 3: Fluxo de veículos por categoria nos pontos de medição no Colégio Marista.

Colégio Marista Santa Maria				
Tipo de veículo / Horário	Ponto	Leves	Motoc.	Pesados
MANHÃ	PT1 - 15 min	173	30	3
	PT1 - 30 min	487	51	9
	PT2 - 15 min	165	30	4
	PT2 - 30 min	464	57	10
TARDE	PT1 - 15 min	214	46	0
	PT1 - 30 min	476	65	4
	PT2 - 15 min	207	26	1
	PT2 - 30 min	416	47	2
PICO	PT1 - 15 min	188	25	1
	PT1 - 30 min	512	61	3
	PT2 - 15 min	201	30	2
	PT2 - 30 min	698	62	4

As Figuras 7 e 8, apresentam os resultados de L_{Aeq} nos Pontos 1 e 2, respectivamente, na frente do Colégio Marista Santa Maria, comparando as medições de 15 e 30 minutos, no horário de maior fluxo veicular (pico) e nos horários de aula (manhã e tarde).

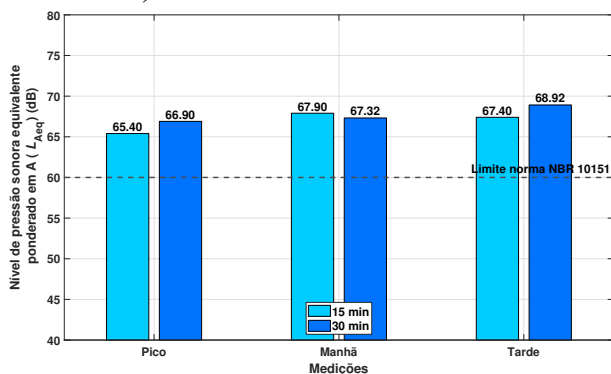


Figura 7: Comparação entre as medições de 15 e 30 min, nos horários de pico e de aula (manhã e tarde) – Ponto 1.

Primeiramente, é possível observar que, em todas as medições, os valores de L_{Aeq} estão acima dos permitidos na norma NBR 10151 [6]. Além disso, tanto no Ponto 1 quanto no Ponto 2, os valores se assemelham nos horários matutino e vespertino, não destoando entre as medições de 15 e 30 minutos. Já para os valores no horário de pico, para o Ponto 1, os valores se assemelham, porém para as medições no Ponto 2 houveram diferenças representativas entre as medições de 15 e 30 minutos. Ao analisar a Tabela 3, o volume médio de fluxo veicular foi maior nas medições de 30 minutos, não sendo possível afirmar que houve interferência da diferença do volume de

fluxo veicular. Uma hipótese pode ser a interferência de outras fontes de ruído ambiental, como sirenes, pedestres falando próximo ao sonômetro, ruído de aeronaves, entre outros.

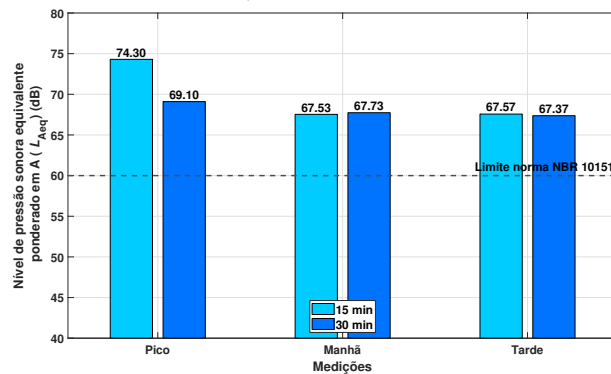


Figura 8: Comparação entre as medições de 15 e 30 min, nos horários de pico e de aula (manhã e tarde) – Ponto 2.

A Figura 9, apresenta os resultados de L_{Aeq} nos pontos de coleta 1 e 2 na frente do Colégio Marista Santa Maria, comparando os horários de aula (manhã e tarde) com medições de 15 minutos.

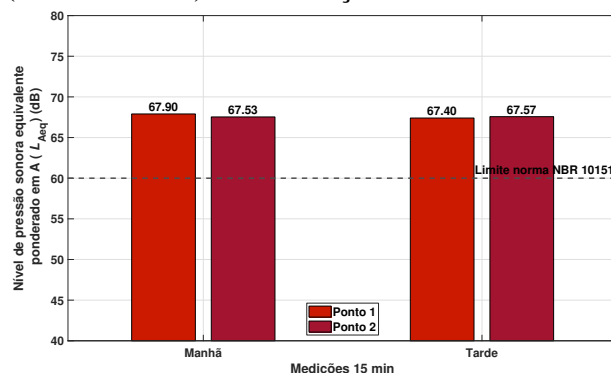


Figura 9: Comparação entre os horários de aula (manhã e tarde), com medições de 15 min – Pontos 1 e 2.

Neste caso, pode-se observar que os NPS estão muito próximos, tanto para o Ponto 1 quanto para o Ponto 2, nos horários de aula pela manhã e pela tarde. Entre outros motivos, o fato do volume do fluxo de veículos, nos dois casos, serem muito semelhantes, pode justificar os valores dos níveis estarem muito próximos.

4.2 Colégio Franciscano Sant'Anna

O Colégio Franciscano Sant'Anna está situado na rua Andradass e na rua Floriano Peixoto e, conforme o LUOS de Santa Maria, é classificada como Zona A.3 com uso predominantemente comercial e de serviços.

A Tabela 4 apresenta o fluxo de veículos na rua dos Andradas e na rua Floriano Peixoto, por ponto de medição e por tipo de veículo, coletados nos dias e horários das medições acústicas.

Tabela 4: Fluxo de veículos por categoria nos pontos de medição no Colégio Sant'Anna.

Colégio Franciscano Sant'Anna				
Tipo de veículo / Horário	Ponto	Leves	Motoc.	Pesados
MANHÃ	PT1 (Frente) - 15 min	100	14	6
	PT1 (Frente) - 30 min	185	33	6
	PT2 (Frente) - 15 min	100	14	6
	PT2 (Frente) - 30 min	185	33	6
	PT1 (Lado) - 15 min	78	10	3
	PT1 (Lado) - 30 min	132	28	2
	PT2 (Lado) - 15 min	78	10	3
	PT2 (Lado) - 30 min	132	28	2
TARDE	PT1 (Frente) - 15 min	133	25	3
	PT1 (Frente) - 30 min	190	32	4
	PT2 (Frente) - 15 min	133	25	3
	PT2 (Frente) - 30 min	190	32	4
	PT1 (Lado) - 15 min	118	20	1
	PT1 (Lado) - 30 min	334	30	2
	PT2 (Lado) - 15 min	91	16	1
	PT2 (Lado) - 30 min	135	42	4
	PT1 (Frente) - 15 min	202	30	5
	PT1 (Frente) - 30 min	319	55	5
	PT2 (Frente) - 15 min	120	32	3
	PT2 (Frente) - 30 min	300	51	8
PICO	PT1 (Lado) - 15 min	98	12	1
	PT1 (Lado) - 30 min	235	35	1
	PT2 (Lado) - 15 min	128	11	1
	PT2 (Lado) - 30 min	270	23	2

Conforme a NBR 10.151 [6] o RL_{Aeq} máximo permitido para esse tipo de zoneamento é de 60 dB durante o período diurno (7h00min - 22h00min).

As Figuras 10 e 11, apresentam os resultados de L_{Aeq} nos Pontos 1 e 2, respectivamente, na frente do Colégio Franciscano Sant'Anna, comparando as medições de 15 e 30 min, no horário de maior fluxo veicular (pico) e nos horários de aula (manhã e tarde).

Analisando as Figuras 10 e 11,, pode-se observar que, em todas as medições, os valores de L_{Aeq} estão acima dos permitidos na norma NBR 10151 [6]. Além disso, comparando as medições de 15 e 30 minutos, se identifica que a diferença de NPS pode estar relacionada com a média do volume de fluxo veicular, conforme Tabela 4, as quais, na maioria dos casos, as medições de 15 minutos possuem média maior em relação as medições de 30 minutos. Porém, em alguns casos, a diferença observada provém, possivelmente, de outras fontes de ruído ambiental, não

relacionando-as ao ruído de tráfego de veículos, como sirenes, pedestres falando próximo ao sonômetro, reflexões nos edifícios, entre outros.

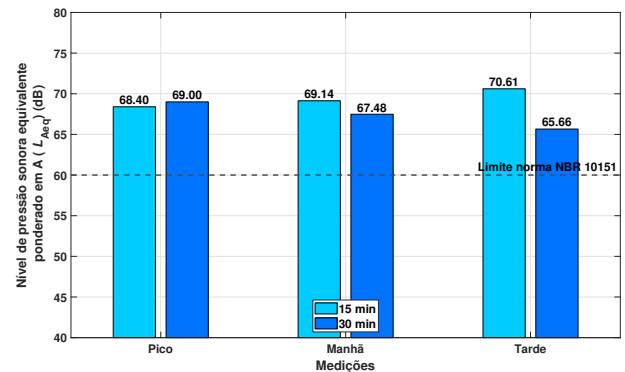


Figura 10: Comparação entre as medições de 15 e 30 min, nos horários de pico e de aula (manhã e tarde) – Ponto 1 (Frente).

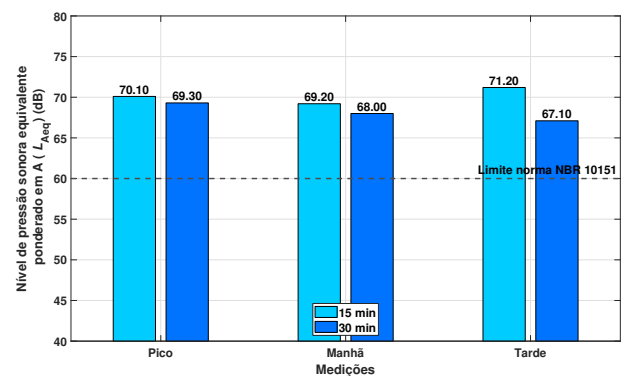


Figura 11: Comparação entre as medições de 15 e 30 min, nos horários de pico e de aula (manhã e tarde) – Ponto 2 (Frente).

As Figuras 12 e 13, apresentam os resultados de L_{Aeq} nos pontos de coleta 1 e 2 na frente e do lado, respectivamente, do Colégio Franciscano Sant'Anna, comparando os horários de aula (manhã e tarde) com medições de 15 minutos.

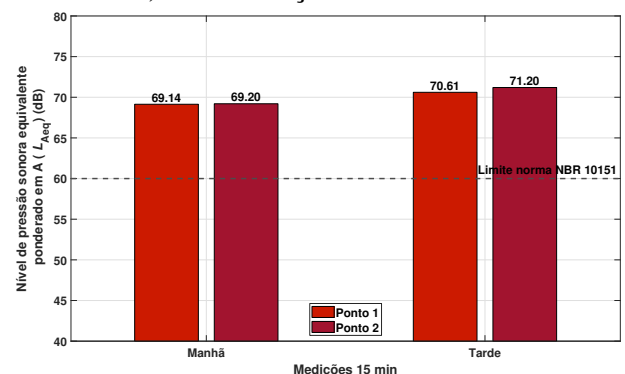


Figura 12: Comparação entre os horários de aula (manhã e tarde), com medições de 15 min – Pontos 1 e 2 (Frente).

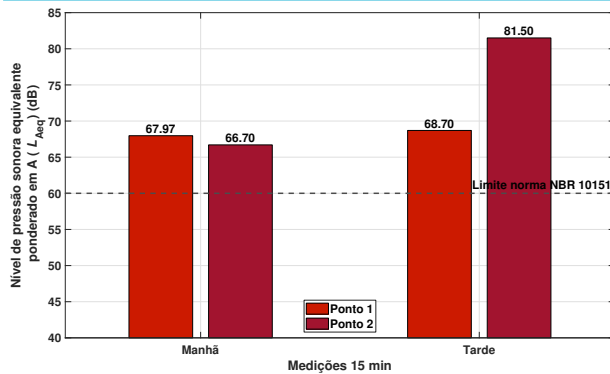


Figura 13: Comparação entre os horários de aula (manhã e tarde), com medições de 15 min – Pontos 1 e 2 (Lado).

Para os pontos de coleta localizados na frente da escola, na rua dos Andradas, é possível averiguar que não houve uma diferença significativa nos horários de aula, tanto pela manhã quanto pela tarde. Já para os pontos de coleta localizados ao lado da escola, na rua Floriano Peixoto, se identificou uma diferença considerável para o Ponto 2 entre os horários de manhã e tarde. Um dos motivos a considerar é o fato do Ponto 2 ser localizado próximo a um portão de acesso da escola. Ainda, pode ter ocorrido a captação de outras fontes de ruído ambiental.

4.3 Comparação entre as escolas

A Figura 14 apresenta a comparação entre todos os pontos de medição nas escolas Marista Santa Maria e Franciscano Sant'Anna, em horário de maior fluxo veicular (pico).

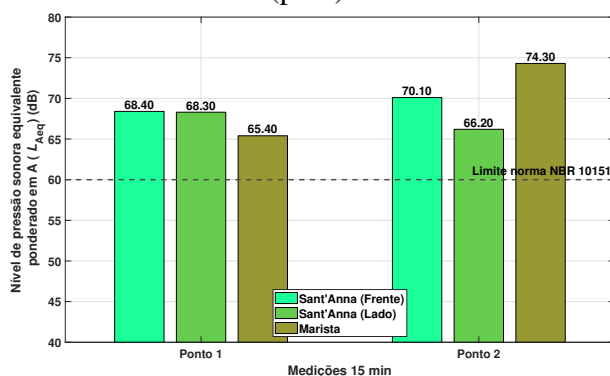


Figura 14: Comparação entre todos os pontos de medição, em horário de pico, das escolas Marista Santa Maria e Franciscano Sant'Anna.

Destaca-se que, em todos os casos, os valores dos níveis estão acima dos limites apresentados pela norma NBR 10151 [6]. Em alguns casos, valores superiores a 10 dB em relação ao limite estipulado pela norma (60 dB).

4.4 Hospital da Brigada Militar de Santa Maria

O Hospital da Brigada Militar de Santa Maria está situado na rua Euclides da Cunha, bairro Nossa Senhora das Dores, e, conforme o LUOS de Santa Maria, é classificado como Zona 6.a com uso predominantemente comercial e de serviços.

A Tabela 5 apresenta o fluxo de veículos na rua Euclides da Cunha, por ponto de medição e por tipo de veículo, coletados nos dias e horários das medições acústicas.

Tabela 5: Fluxo de veículos por categoria nos pontos de medição no Hospital da Brigada Militar.

Hospital da Brigada Militar de Santa Maria				
Tipo de veículo / Horário	Ponto	Leves	Motoc.	Pesados
PICO	PT1 - 15 min	351	45	7
	PT1 - 30 min	747	106	15
	PT2 - 15 min	252	46	3
	PT2 - 30 min	634	110	7

No caso do Hospital da Brigada Militar de Santa Maria, foram realizadas medições somente no horário de pico (17h00min - 19h00min), pelo fato de ser o horário mais crítico, causando maior incômodo para as pessoas lá internadas. A Figura 15 mostra a comparação entre as medições de 15 e 30 minutos nesse horário, nos Pontos 1 e 2.

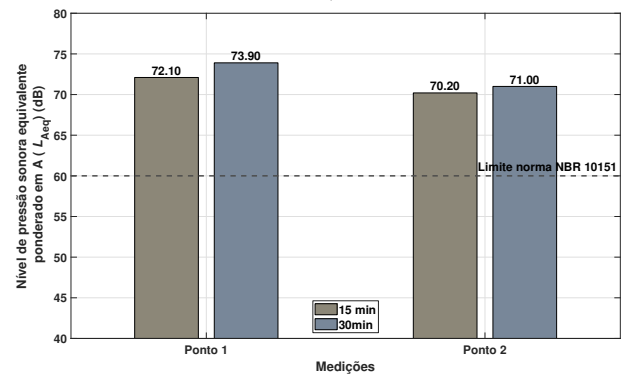


Figura 15: Comparação entre as medições de 15 e 30 min, no horário de pico – Pontos 1 e 2

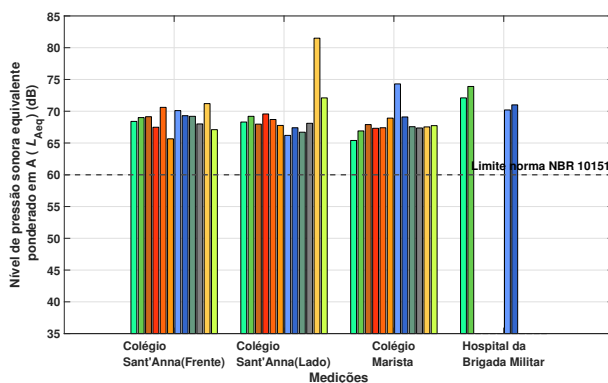
Pode-se notar, primeiramente, que, tanto nos dois pontos de medição quanto nas medições de 15 e 30 minutos, os níveis maiores de 70 dB estiveram acima dos valores delimitados pela norma NBR 10151 [6]. Por estar em uma área mista com predominância para atividades comerciais e/ou administrativas, o limite nesta zona é 60 dB. Outro fato a ser destacado é que, nos dois pontos,



as medições de 30 minutos tem um nível maior que na comparação com as medições de 15 minutos, principalmente no Ponto 1. Uma evidência para este fato é o número de veículos maior, na média, nessas medições de 30 minutos em comparação com as de 15 minutos, conforme Tabela 5. Além disso, o maior número de veículos pesados pode ajudar no aumento dos níveis. Ainda, o fato dos pontos de coletas estarem próximos a uma sinaleira, uma vez que a aceleração e a desaceleração dos veículos podem interferir nos resultados.

4.5 Comparação entre todas as medições

Na Figura 16 são apresentados os valores de L_{Aeq} de todos os pontos de coleta, sendo eles nas duas escolas e no hospital. Pode-se analisar, então, que, em todos os pontos, os valores encontrados estão acima dos valores delimitados pela norma NBR 10151, ou seja, acima de 60 dB, sejam eles as medições nos horários de maior fluxo veicular (pico) ou horário de aula, tanto nas medições de 15 e 30 minutos.



(a) Medições em todos os pontos de coleta.



(b) Legenda da Figura 16a.

Figura 16: Comparação entre todas as medições coletadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das discussões dos resultados, para os níveis de pressão sonora coletados em campo, verificou-se que, em todos os pontos de medi-

ções, nos horários de aula, matutino (9h00min – 11h00min) e vespertino (14h00min – 16h00min), e de pico (17h00min – 19h00min), de todas as áreas de estudo, os níveis de pressão sonora equivalente ponderado em A, L_{Aeq} , foram superiores aos 60 dB delimitados pela NBR 10151 [6], para áreas mistas com predominância de atividades comerciais e/ou administrativas.

Em relação a contagem do tráfego veicular, verificou-se que os horários de maior fluxo foram das 17h00min às 19h00min (pico), totalizando em alguns casos até o dobro de fluxo em relação aos horários de aula, tanto matutino (9h00min – 11h00min) quanto vespertino (14h00min – 16h00min). Porém, em alguns casos, notou-se que, pelo fato da média ser muito semelhante, as diferenças de níveis podem ser associadas a outras fontes de ruído ambiental, como sirenes, ruído de aeronaves, entre outros.

Por fim, identifica-se, para trabalhos futuros, a necessidade de verificação e análise do ruído incidente nas fachadas das edificações e a demanda de se elaborar mapas de ruído de tráfego veicular para diagnosticar regiões consolidadas. Para assim, posteriormente, sugerir assertivamente a realização de intervenções urbanas e, quando necessárias, em edifícios, para melhoria da qualidade sonora de áreas sensíveis.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] World Health Organization. *Burden of Disease from Environmental Noise*. 1ª ed., 2011. ISBN 978 92 890 0229 5.
- [2] Jeong, Jea H.; Din, Nazli C.; Otsuru, Toru e Kim, Hyung C. An application of a noise maps for construction and road traffic noise in Korea. *International Journal of Physical Sciences*, 5(7):1063–1073, 2010. ISSN 1992-1950.
- [3] Kyçyku, Azem; Lajqi, Shpetim e Hoxha, Gëzim. Analytical calculation of vehicles noise in the road traffic and graphical presentation. *IFAC-PapersOnLine*, 49(29):52–57, 2016. doi: doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.11.075.
- [4] Medeiros, Adalice F. D. de; Pimental, Roberto L.; Melo, Ricardo A. de; Araújo, Bianca C. D. de e Brasileiro, Tamaris C. Investigation of traffic noise attenua-

- tion potential of an urban highway underpass. *Applied Acoustics*, 192(108682):52–57, 2022. ISSN 0003-682X. doi: doi.org/10.1016/j.apacoust.2022.108682.
- [5] Ouis, D. Annoyance from road traffic noise: a review. *Journal of Environmental Psychology*, 21(1):101–120, 2001. doi: doi.org/10.1006/jevp.2000.0187.
- [6] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10151 Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral*. Rio de Janeiro, março 2020.
- [7] SoundPLAN. *SoundPLANnoise Our all-rounder*. Disponível em: <https://www.soundplan.eu/en/software/soundplannoise/>. Acesso em: 24 abr. 2022.
- [8] Datakustik. *CadnaA software*. Disponível em: <https://www.datakustik.com/products/cadnaa/cadnaa/>. Acesso em: 24 abr. 2022.
- [9] EMS Brüel & Kjaer. *Precitor-LimA software*. Disponível em: <https://www.emsbk.com/predictor-lima-download/>. Acesso em: 24 abr. 2022.
- [10] Barry, T. M. e Reagan, J. A. *FHWA Highway Traffic Noise Prediction Model*. Washington, USA, 1978.
- [11] Kephelopoulos, Stylianos; Paviotti, Marco e Anfosso-Lédée, Fabienne. Common noise assessment methods in Europe (CNOSSOS-EU). *Publications Office of the European Union*, 2012. ISSN 1831-9424. doi: [10.2788/31776](https://doi.org/10.2788/31776).
- [12] Bartolomaeus, W. *Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen - RLS-19*. Straßenverkehrstechnik: FGSV, 2019. ISBN 978-3-86446-256-6.
- [13] Kragh, Jørgen; Jonasson, Hans; Plovsing, Birger; Sarinen, Ari; Storeheier, Svein Å. e Taraldsen, Gunnar. *User's Guide Nord2000 Road*. Hørsholm, 2006.
- [14] International Organization for Standardization. *ISO 9613-2 Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: General Method of Calculation*. Genebra, Suíça, dez. 1996.
- [15] García-Rivero, Alberto E.; Yuli-Posadas, Ricardo A.; Romero, Warren R.; Sánchez-Ccoyllo, Odón; Bulege-Gutierrez, Wilfredo; Tasayco, Humberto G. G. e Fernández-Gusmán, Victor. Daytime perimeter environmental noise in the vicinity of four hospitals in the city of Lima, Peru. *Noise Mapp*, 7:239–247, 2020. doi: doi.org/10.1515/noise-2020-0020.
- [16] Zytoon, Mohamed A. Opportunities for environmental noise mapping in Saudi Arabia: A case of traffic noise annoyance in an urban area in Jeddah city. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13, 2016. doi: [10.3390/ijerph13050496](https://doi.org/10.3390/ijerph13050496).
- [17] Ministério do Meio Ambiente. *Zoneamento ecológico-econômico*. Brasília, 2002. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/gestao-territorial/zoneamento-territorial.html>.
- [18] Prefeitura Municipal de Santa Maria. *Lei de Uso e Ocupação do Solo, Parcelamento, Perímetro Urbano e Sistema Viário do Município de Santa Maria*. Santa Maria, RS, julho 2018. Disponível em: <http://iplan.sa>
[ntamaria.rs.gov.br/lista_luos.php#:~:text=LE%20I%20COMPLEMENTAR%20No%20117,do%20Municip%C3%ADpio%20de%20Santa%20Maria](http://iplan.sa).
- [19] Estatística, Instituto Brasileiro. *Cidades e Estados*. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/santa-maria.html>.