

**ANÁLISE DE RUÍDO NAS PROXIMIDADES DE UM HOSPITAL PÚBLICO DE REFERÊNCIA DA REGIÃO CENTRAL DE BELO HORIZONTE/MG**

**NOISE ANALYSIS IN THE VICINITY OF A PUBLIC HOSPITAL OF REFERENCE IN THE CENTRAL REGION OF BELO HORIZONTE/MG**

**ANÁLISIS DE RUIDO EN LAS INMEDIACIONES DE UN HOSPITAL PÚBLICO DE REFERENCIA EN LA REGIÓN CENTRAL DE BELO HORIZONTE/MG**



10.56238/revgeov17n3-202

**Lucas Saddi Ortega Drummond**

Graduado em Engenharia Mecânica

E-mail: lucas.saddiortega@gmail.com

**César Abrahão Pereira Melo**

Mestre em Engenharia Mecânica

E-mail: cesarabrahao@gmail.com

---

**RESUMO**

A poluição sonora é, depois da poluição da água e do ar, o problema ambiental que afeta o maior número de pessoas no mundo. Ela está presente, sobretudo, nos grandes centros urbanos, onde a densidade populacional é alta e coexistem inúmeras fontes ruidosas. Entretanto, este grave problema ambiental é muitas vezes negligenciado, já que é um tipo de poluição que não deixa rastros visíveis no ambiente, tornando difícil a sua identificação. As intensidades ruidosas excessivas trazem diversos danos à saúde humana, desde a falta de atenção e insônia até perdas permanentes da capacidade auditiva. O presente trabalho trata-se de um estudo de campo, descritivo, quantitativo e observacional primário a partir da medição e avaliação dos níveis de ruídos nas proximidades de um hospital público de referência de Belo Horizonte, a fim de comparar os valores obtidos com os parâmetros de referência norma NBR10.151 e da Lei municipal nº9505/2008, e assim estabelecer uma discussão acerca dos possíveis impactos que esta exposição pode trazer à saúde dos pacientes internados. Medições de nível de pressão sonora foram feitas durante o período de uma semana, entre os dias 09/12/2021 e 16/12/2021, no período entre 11:00 e 13:00. Como resultado, foi possível observar valores de nível de pressão sonora equivalente extremamente elevados durante todos os dias de medição, em total desconformidade com as recomendações da norma NBR 10151 e a exigência da legislação municipal. É válido ressaltar que pesquisas relacionadas a esse tema são muito relevantes para nossa sociedade, pois contribuem para a identificação e posterior busca de alternativas visando minimizar e até mesmo solucionar o problema da poluição sonora nas áreas hospitalares. Dessa forma, colaborando para uma melhor e mais rápida recuperação dos pacientes internados naquele hospital. Ademais, é interessante pontuar que o contexto da área Hospitalar reforça ainda mais a importância do estudo, haja vista a vulnerabilidade dos indivíduos ali presentes.

**Palavras-chave:** Poluição Sonora. Ruído. Hospital. Trânsito. Belo Horizonte.



**ABSTRACT**

Noise pollution is, after water and air pollution, the environmental problem that affects the largest number of people in the world. It is present, above all, in large urban centers, where population density is high and numerous noisy sources coexist. However, this serious environmental problem is often neglected, since it is a type of pollution that leaves no visible traces in the environment, making it difficult to identify. Excessive noise intensities bring several damages to human health, from lack of attention and insomnia to permanent loss of hearing capacity. The present work is a field study, descriptive, quantitative and observational, based on the measurement and evaluation of noise levels in the vicinity of a public reference hospital in Belo Horizonte, in order to compare the values obtained with the parameters reference standard NBR10.151 and Municipal Law nº 9505/2008, and thus establish a discussion about the possible impacts that this exposure can bring to the health of hospitalized patients. Sound pressure level measurements were made during the period of one week, between 12/09/2021 and 12/16/2021, in the period between 11:00 and 13:00. As a result, it was possible to observe extremely high equivalent sound pressure level values during all measurement days, in complete disagreement with the recommendations of the NBR 10151 standard and the requirement of municipal legislation. It is worth noting that research related to this topic is very relevant to our society, as they contribute to the identification and subsequent search for alternatives to minimize and even solve the problem of noise pollution in hospital areas. In this way, collaborating for a better and faster recovery of patients hospitalized in that hospital. Furthermore, it is interesting to point out that the context of the Hospital area further reinforces the importance of the study, given the vulnerability of the individuals present there.

**Keywords:** Noise Pollution. Noise Analysis. Hospital. Traffic. Belo Horizonte.

**RESUMEN**

La contaminación acústica es, después de la contaminación del agua y del aire, el problema ambiental que afecta a la mayor cantidad de personas en el mundo. Se presenta, sobre todo, en los grandes centros urbanos, donde la densidad de población es alta y coexisten numerosas fuentes de ruido. Sin embargo, este grave problema ambiental suele ser ignorado, ya que se trata de un tipo de contaminación que no deja rastros visibles en el ambiente, lo que dificulta su identificación. Las intensidades excesivas de ruido causan diversos daños a la salud humana, desde falta de atención e insomnio hasta pérdida auditiva permanente. Este trabajo es un estudio de campo, descriptivo, cuantitativo y observacional primario, basado en la medición y evaluación de los niveles de ruido en las inmediaciones de un hospital público de referencia en Belo Horizonte, con el fin de comparar los valores obtenidos con los parámetros de referencia de la norma NBR10.151 y la Ley Municipal Nº 9505/2008, y así establecer un análisis sobre los posibles impactos que esta exposición puede tener en la salud de los pacientes hospitalizados. Se realizaron mediciones del nivel de presión sonora durante una semana, entre el 9 y el 16 de diciembre de 2021, de 11:00 a 13:00 horas. Como resultado, se observaron valores de nivel de presión sonora equivalente extremadamente altos en todos los días de medición, en total incumplimiento de las recomendaciones de la norma NBR 10151 y de la legislación municipal. Cabe destacar que la investigación relacionada con este tema es muy relevante para nuestra sociedad, ya que contribuye a la identificación y posterior búsqueda de alternativas para minimizar e incluso solucionar el problema de la contaminación acústica en áreas hospitalarias. De esta manera, contribuye a una mejor y más rápida recuperación de los pacientes hospitalizados. Además, es interesante señalar que el contexto del área hospitalaria refuerza aún más la importancia del estudio, dada la vulnerabilidad de las personas presentes en ella.

**Palabras clave:** Contaminación Acústica. Ruido. Hospital. Tráfico. Belo Horizonte.



## 1 INTRODUÇÃO

A Primeira Revolução Industrial foi o marco da inserção da indústria na sociedade, consolidando o modelo econômico denominado capitalismo industrial. Esse período remete a um grande desenvolvimento tecnológico, mas também a uma crescente degradação ambiental. Sabe-se que foram diversas as consequências advindas da Revolução Industrial e que as mesmas perduram até os tempos modernos. Fato é que desde esse período houve aumento da produtividade, mudança nas relações de trabalho, alterações no modo de vida e nos padrões de consumo da sociedade; alterou-se, portanto, a relação entre o homem e a natureza (DOBB, 1983).

Nesse contexto, dentre as diversas formas de degradação ambiental que perpetuam até os dias de hoje, a poluição sonora é, depois da poluição da água e do ar, o problema ambiental que afeta o maior número de pessoas (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2003).

É interessante pontuar que o problema da poluição sonora está presente sobretudo nos grandes centros urbanos, uma vez que nesses ambientes coexistem diversas fontes de ruído. Obras, processos industriais, reformas prediais e transporte são exemplos do que é encontrado nas cidades e que acaba por contribuir para a emissão de ruído no meio.

Destaca-se que, devido ao crescimento populacional, a poluição sonora tende a se agravar ainda mais futuramente, já que mais pessoas exercendo atividades em um mesmo centro urbano, representam uma maior quantidade de fontes sonoras emissoras de ruído. Segundo Nagem (2004), o número de reclamações por parte da população devido ao incômodo gerado pelo ruído urbano tem aumentado com o passar dos anos. Ademais, a maior parte das queixas efetuadas pela população de Belo Horizonte (MG), na Secretaria Municipal do Meio Ambiente, referem-se a este incômodo, que representa 53% das reclamações (ALVARES e SOUZA, 1992).

Em relação aos agentes causadores de ruído, é possível dizer que o trânsito é o principal deles. De acordo com Lacerda et al.(2005), a partir de sua pesquisa de caráter qualitativo envolvendo 892 indivíduos, o tráfego de veículos foi a fonte de ruído mais incômoda para as pessoas (67%), seguida pelo barulho dos vizinhos (33%) e das sirenes (23%).

Outro grande problema quando se trata de poluição sonora é que, por não deixar traços visíveis de contaminação, existe uma dificuldade na sua pronta identificação, contribuindo para que ela seja negligenciada. Nesse contexto muitas pessoas nas grandes cidades não conseguem identificar o ruído como um dos principais agentes agressores à sua saúde e submetem-se a níveis perigosos sem ter ciência de sua exposição.

A grande questão é que níveis elevados de ruído podem ter impacto significativo sobre a saúde dos seres humanos. Segundo Carmo (1999), dentre os principais prejuízos que o contato com ruído excessivo pode causar, temos: lesões auditivas, distúrbios cardiovasculares, digestivos, transtornos do sono, irritabilidade, cansaço, diminuição do nível de atenção e hipertensão arterial.



Por essa razão, normas que tratam sobre o assunto foram criadas, de forma a estabelecer parâmetros aceitáveis de intensidade ruidosa, a fim de proteger as pessoas que vivem em comunidade. Nesse sentido, é válido destacar que existem normas regulamentadoras, estabelecidas por instituições como a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e também as leis municipais, que estabelecem os limites sonoros legais de cada município.

As normas que tratam sobre o assunto são a NBR 10151- Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral e a NBR 10152 - Níveis de ruído para conforto acústico. A primeira é voltada para as definições relacionadas ao ruído ambiental, enquanto a segunda tem enfoque em medições ocupacionais, empresariais e ambientes internos de maneira geral. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019).

Do ponto de vista legal, a lei que trata sobre esse assunto em Belo Horizonte é a Lei ordinária municipal, nº 9505 de 23 de Janeiro de 2008, popularmente conhecida como Lei do Silêncio, que dispõe sobre o controle de ruídos, sons e vibrações. Basicamente, ela estabelece limites para a intensidade sonora, em decibéis, de acordo com cada período do dia. (CÂMARA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE, 2008)

A partir dessas normas e da lei municipal será possível comparar os valores de intensidade sonora que serão medidos com os valores de referência e assim classificar a localidade escolhida quantitativamente e qualitativamente frente ao seu potencial de causar danos à saúde dos pacientes internados no hospital. Pretende-se, portanto, utilizar os dados obtidos em campo para estabelecer uma discussão abrangendo todo o problema da poluição sonora.

### 1.1 MOTIVAÇÃO E RELEVÂNCIA

Os estudos relacionados à área da poluição sonora são extremamente importantes, pois contribuem para a identificação, compreensão e posterior solução deste que é um dos piores problemas dos dias atuais. Como dito anteriormente, a poluição sonora é, depois da poluição da água e do ar, a forma de degradação ambiental que afeta o maior número de pessoas em todo o mundo. Além disso, este problema possui agravantes, já que existe uma dificuldade na sua identificação e também pelas grandes cidades estarem em constante expansão. Neste contexto, as pessoas diversas vezes estão expostas a ruídos excessivos, que podem causar danos diversos à sua saúde. Quando as pessoas em questão são pacientes internados, estes danos podem ser ainda maiores, pois estas pessoas estão com a saúde comprometida e em situação de vulnerabilidade. Por estes motivos, o presente trabalho busca analisar o nível de pressão sonora equivalente justamente nas proximidades de um hospital de referência que recebe casos de internação. Além disso, o hospital escolhido também se localiza perto de avenidas muito movimentadas, que são responsáveis por aumentar o ruído de fundo ambiente. A relevância deste trabalho está justamente na riqueza de discutir os impactos de um problema ambiental



tão sério nos dias atuais para os pacientes internados e, dessa forma, contribuir com sugestões que possam melhorar a recuperação destes pacientes.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a intensidade sonora em localidade próxima a um hospital público de referência da região Centro-Sul da cidade Belo Horizonte e comparar com as devidas normas técnicas e com a lei municipal sobre o assunto, a fim de discutir os possíveis impactos da exposição ao ruído na saúde dos pacientes internados.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para tanto, são estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Medir a intensidade sonora na proximidade de um hospital público de referência de Belo Horizonte e representar o sinal no domínio temporal;
- Comparar os dados com normas técnicas e legislação sobre o assunto e realizar uma análise estatística;
- Discutir os possíveis impactos à saúde e recuperação dos pacientes internados;
- Apontar intervenções que podem ser tomadas para a atenuar o ruído.

## **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 A CIDADE DE BELO HORIZONTE**

#### **3.1.1 Localização geográfica**

A cidade de Belo Horizonte é a capital do estado de Minas Gerais. Na Figura 1, é possível a localização do estado dentro do mapa do Brasil, enquanto que a Figura 2 mostra a cidade de Belo Horizonte no mapa do estado. A cidade, por sua vez, é dividida em regiões administrativas, que compõem os diversos bairros. O presente trabalho fará a análise de ruído especificamente na região Centro-Sul da cidade.

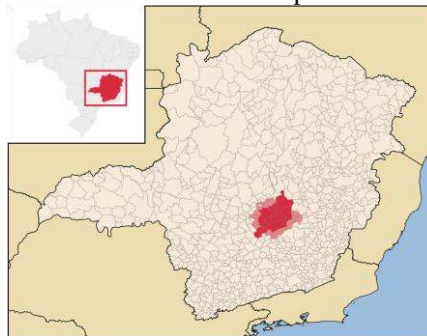


Figura 1 - Minas Gerais no mapa do Brasil



Fonte: Wikimedia Commons (2011)

Figura 2 - Belo Horizonte no mapa de Minas Gerais



Fonte: Wikimedia Commons (2011)

### 3.1.2 Características demográficas

Segundo os dados fornecidos pelo *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)*, em junho de 2021, Belo Horizonte possui uma população estimada de 2.530.701 pessoas. No último censo demográfico, ocorrido em 2010, a cidade foi classificada em 6º no ranking de cidades mais populosas do Brasil, conforme se pode ver no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Classificação das cidades brasileiras quanto ao tamanho da população

NO BRASIL		
1º	São Paulo - SP	11253503
2º	Rio de Janeiro - RJ	6320446
3º	Salvador - BA	2675656
4º	Brasília - DF	2570160
5º	Fortaleza - CE	2452185
6º	<b>Belo Horizonte - MG</b>	<b>2375151</b>
7º	Manaus - AM	1802014
8º	Curitiba - PR	1751907
9º	Recife - PE	1537704
10º	Porto Alegre - RS	1409351

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010



Além disso, de acordo com o mesmo censo, a cidade possui uma densidade demográfica de 7.167,00 habitantes/km<sup>2</sup>, que corresponde à 11<sup>o</sup> colocação no ranking de cidades com a maior concentração de pessoas no Brasil, como se pode ver no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Classificação das cidades brasileiras quanto à densidade demográfica

**NO BRASIL**

1 <sup>o</sup>	São João de Meriti - RJ	13024,56
2 <sup>o</sup>	Diadema - SP	12536,99
3 <sup>o</sup>	Taboão da Serra - SP	11994,31
4 <sup>o</sup>	Carapicuíba - SP	10698,32
5 <sup>o</sup>	Osasco - SP	10264,80
...		
9 <sup>o</sup>	Fortaleza - CE	7786,44
10 <sup>o</sup>	São Paulo - SP	7398,26
11 <sup>o</sup>	<b>Belo Horizonte - MG</b>	7167,00
12 <sup>o</sup>	Recife - PE	7039,64
13 <sup>o</sup>	Mauá - SP	6741,41

Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010

Essas informações demonstram que Belo Horizonte é um grande centro urbano que concentra uma significativa quantidade de pessoas. Por essa razão, muitas fontes de ruído são encontradas atuando simultaneamente na cidade, contribuindo para a incidência da poluição sonora.

Os dados levam em consideração os limites territoriais do município e não de toda a região metropolitana da cidade.

### 3.1.3 Características gerais cidade

Como se pode ver na Figura 3, a cidade de Belo Horizonte é conhecida por seu relevo diferenciado, com muitos morros e também por ser a capital dos bares. Apesar de isso ser interessante sob o ponto de vista de quem quer se divertir, com diversas opções para se sair à noite, esses dois fatores chamam atenção sob o ponto de vista da poluição sonora. A atividade boêmia é responsável por aumentar o nível de intensidade sonora sobretudo no período noturno, o qual as intensidades limites devem ser mais baixas. Em relação ao relevo acentuado, pode-se dizer que isso também é um fator intensificador da poluição sonora, já que são exigidos mais esforços dos veículos para trafegar nas vias íngremes e, como se sabe, os automóveis são a principal fonte emissora de ruído que contribui para a



poluição sonora. Esses dois fatores chamam a atenção para Belo Horizonte pois supostamente a tornam mais propícia a serem encontrados valores excessivos de ruído.

Figura 3 - Belo Horizonte vista a partir de decolagem do Aeroporto da Pampulha



Fonte: Wikipédia (2018)

### 3.2 SOM

O som se caracteriza por flutuações da pressão ou da velocidade das partículas em um meio compressível. É uma forma de energia transmitida pela colisão das partículas do meio, umas contra as outras. Este efeito provoca zonas de compressão e rarefação do meio em que se propaga, a partir de uma fonte sonora (HANS, 2001).

O som pode ser classificado como contínuo, intermitente, impulsivo e tonal. O Art. 3º da Lei municipal de Belo Horizonte nº 9505, de 23 de janeiro de 2008, define que o ruído contínuo é aquele que possui flutuações de nível de pressão sonora tão pequenas que podem ser desprezadas dentro do período de observação. Um tráfego rodoviário fluido, por exemplo, pode ser considerado como ruído contínuo. Já o ruído intermitente é aquele cujo nível de pressão sonora oscila bruscamente várias vezes, durante o intervalo de tempo de medição, sendo o período em que o nível sonoro se mantém constante igual ou superior a 01 (um) segundo. O ruído impulsivo é aquele que consiste de uma ou mais explosões de energia sonora, tendo, cada uma, duração inferior a 01 (um) segundo, como por exemplo marteladas, tiros e explosões. Por fim, o ruído tonal possui contêm tons puros, que podem ser identificados por meio da comparação de níveis sonoros. (CÂMARA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE, 2008).

Do ponto de vista físico, para haver som é necessário fazer vibrar um meio. Muitas vezes podemos sentir e até mesmo ver essas vibrações, por exemplo, colocando os dedos sobre a garganta enquanto falamos (RUI; STEFANNI, 2001).

### 3.3 A AUDIÇÃO HUMANA

#### 3.3.1 Escala Decibel

Em relação à pressão sonora, medida em Pascal (Pa), os humanos têm a capacidade de perceber pressões sonoras entre 0,00002 Pa (limiar da audição) e 200Pa (limiar da dor). Por este motivo, é



necessário utilizar a escala Decibel, que consegue comportar esse grande intervalo de uma maneira enxuta. Assim, os valores de nível de pressão sonora são referenciados em decibels e podem ser calculados segundo a Fórmula 1.

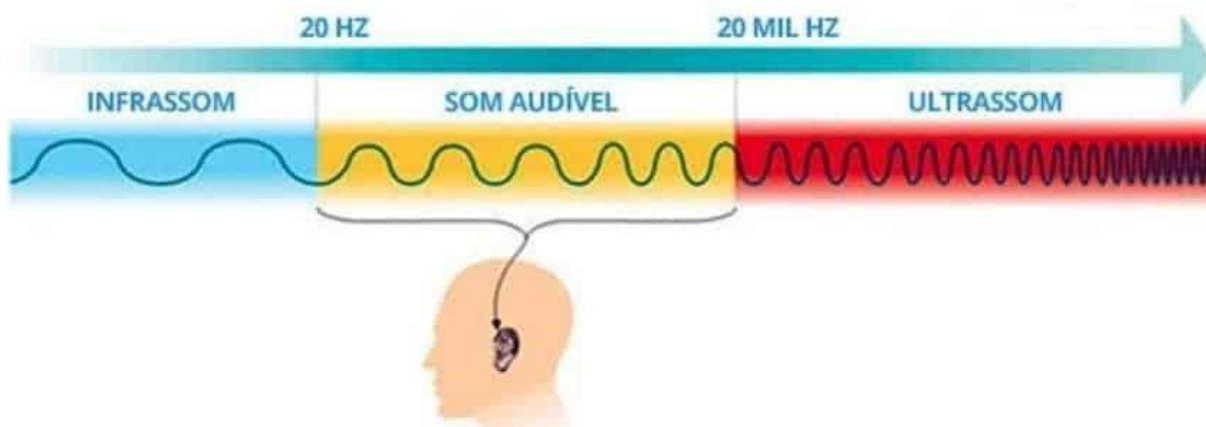
$$dB\ NPS = 20 \log(L^1/L_0) \quad (1)$$

Sendo L1 o valor de pressão sonora em Pa e L0 o limiar da audição.

### 3.3.2 Audição Humana quanto à frequência

Os humanos têm a capacidade de escutar sons com frequência entre 20Hz e 20KHz e esta faixa do espectro sonoro é denominada som audível. Abaixo do som audível, isto é, frequências abaixo de 20Hz, temos o infrassom, enquanto que acima do som audível temos o ultrassom, como é mostrado na Figura 4. Em geral é estabelecido esta faixa como o padrão para o som audível, mas na prática isto varia de pessoa para pessoa e, sobretudo, com a idade. Nesse sentido, é conhecido que o limite superior da audição declina com a idade em um processo denominado presbiacusia (RUI; STEFANNI, 2001).

Figura 4 - Representação do espectro sonoro



Fonte: Conhecimento científico (2020)

### 3.3.3 Curvas de Ponderação em frequência

O ouvido humano apresenta sensibilidade distinta em relação às diferentes faixas de frequência dentro do espectro do som audível. Dessa forma, mesmo sendo possível escutar os sons entre 20Hz e 20Khz, a sensibilidade da pessoa para uma diferentes frequências não é a mesma. Segundo Gerges (1992), o ouvido humano é mais sensível a sons situados na faixa de frequência de 2 kHz a 5 kHz, e menos sensível para frequências situadas abaixo ou acima desta faixa, principalmente quando o ruído apresenta nível de pressão sonora baixo (HANS, 2001).





### 3.4 RUÍDOS

#### 3.4.1 Conceito

O ruído foi definido por Fernandes (2002), como uma sobreposição de sons, de várias fontes, sem que exista periodicidade de sua frequência e amplitude, o que causa uma sensação auditiva desagradável. De acordo com Gerges (1992), o ruído é um tipo sonoro desagradável e indesejado. O autor ainda explicita que a potencialidade de perturbações auditivas não se deve apenas ao nível do som, mas também ao tempo de exposição.

#### 3.4.2 Classificação

Quando se deseja fazer uma medição sonora, é comum que se classifique o ruído de acordo com a situação do ambiente acústico no momento da medição. De acordo com Nagem (2004), o ruído pode ser classificado da seguinte maneira:

- Ruído ambiental – ruído de todas as fontes sonoras, situadas próximas ou afastadas (ruído de tráfego, pássaros, máquinas, etc.);
- Ruído específico – é o ruído da fonte sob investigação. É um componente do ruído ambiental e pode ser identificado e associado a uma fonte específica;
- Ruído residual – é o ruído ambiental sem ruído específico. É o ruído em um local, sob certas condições, quando o ruído da fonte específica é eliminado;
- Ruído inicial – é o ruído em um certo ponto antes de ocorrerem mudanças, por exemplo, antes da construção de barreiras ou da implementação de alguma indústria.

No contexto do presente trabalho, será analisado o ruído ambiental que chega ao hospital, já que existem diversas fontes sonoras presentes no local da medição.

### 3.5 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Serão definidos alguns conceitos importantes para o entendimento da norma NBR 10151 e a lei municipal.

#### 3.5.1 Nível de pressão sonora equivalente ( $L_{eq}$ )

Este é o parâmetro mais utilizado para a avaliação de ruído ambiental e corresponde ao nível obtido a partir do valor médio quadrático da pressão sonora, com a ponderação “A”, referente a todo o intervalo de medição. A unidade de medição é em decibels ponderados em “A” [dB (A)]. Muitos sensores já vêm com a funcionalidade de medição desse parâmetro, mas caso não seja o caso, a norma explicita a maneira de calculá-lo:



$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \quad (2)$$

- $L_i$  é o nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida (fast), durante o tempo de medição do ruído
- $n$  é o número total de leituras

### 3.5.2 Nível de pressão sonora corrigido ( $L_r$ )

Em situações em que o som é composto por características especiais, é necessário fazer uma correção no nível de pressão sonora equivalente. O valor de correção depende do caso em questão e tudo está devidamente descrito na norma. No caso deste trabalho, como se trata de um som sem caráter impulsivo e sem componentes tonais, não é necessária a correção. Portanto:

$$L_r = L_{eq} \quad (3)$$

### 3.5.3 Limites de nível de pressão sonora ( $RL_{Aeq}$ )

São os parâmetros de referência adotados pela norma como valores máximos para cada tipo de lugar e horário, conforme disposto na Tabela 3, na parte que trata especificamente da NBR 10.151.

## 3.6 LEGISLAÇÃO E NORMAS VIGENTES SOBRE ACÚSTICA – ESTADO DA ARTE

Primeiramente é importante dizer que existem tanto normas técnicas quanto leis relacionadas à temática acústica e elas se diferenciam à medida que as normas publicadas pela ABNT têm caráter instrutivo e relativo às boas práticas consolidadas pela comunidade científica, enquanto que às leis é atribuído o poder legal, podendo consolidar a compulsoriedade das normas. Nesse sentido, não existe lei nacional tratada sobre a temática acústica. Esse papel é desempenhado pelas leis municipais que variam de cidade em cidade.

A Norma da ABNT NBR 10151 é a principal referência técnica acerca do tema da acústica e sofreu uma atualização recente (2019), após quase 20 anos sem atualizações (2000). Dessa maneira, a norma passou a se chamar “Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral” ao invés de “Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade”. Basicamente, a nova atualização trouxe um maior detalhamento acerca do procedimento de medição e como determinar precisamente as características do som analisado. Anteriormente, a norma abordava os temas de maneira muito vaga, ficando ao critério subjetivo do técnico em dizer se aquele certo som medido é tonal, por exemplo.



### 3.6.1 Legislação

A lei municipal que trata sobre Poluição Sonora em Belo Horizonte é a Lei nº 9505 de 23 de Janeiro de 2008. Esta lei estabelece definições de intensidade sonoras aceitáveis para cada período do dia, sendo eles:

Tabela 1 - Valores de referência da lei para um lugar qualquer

<b>Turno</b>	<b>Horário</b>	<b>Referência (dB)</b>
Diurno	7:00 às 19:00	70
Vespertino	19:00 às 22:00	60
Noturno	22:00 às 7:00	50

Fonte: Lei municipal de Belo Horizonte nº9505 (2008)

Além disso, ela determina também que às sextas-feiras, aos sábados e em vésperas de feriados, será admitido, até às 23:00 h (vinte e três horas), o nível correspondente ao período vespertino.

Outra informação relevante também é que as medições do nível de som devem sempre ser realizadas utilizando-se a curva de ponderação “A”, com circuito de resposta rápida (fast), devendo o microfone ficar afastado, no mínimo, de 1,50 m (um metro e cinquenta centímetros) dos limites reais da propriedade onde se dá o suposto incômodo, e à altura de 1,20 m (um metro e vinte centímetros) do piso. Dessa forma, durante a medição, foram adotados esses critérios.

Para análise dos resultados, a lei estabelece que para ruídos contínuos e intermitentes o valor considerado deve ser o nível de pressão sonora equivalente, enquanto que em casos de ruído impulsivo ou com características tonais deve ser o ruído equivalente acrescido do valor de 5 dB.

Junto a isso a lei também pondera um caso específico, que corresponde às escolas, creches, bibliotecas públicas, cemitérios, hospitais, ambulatórios, casas de saúde ou similares, que é exatamente o caso do presente trabalho:

Tabela 2 - Valores de referência da lei para casos especiais (hospitais)

<b>Turno</b>	<b>Horário</b>	<b>Referência (dB)</b>
Diurno	7:00 às 19:00	55
Vespertino	19:00 às 22:00	50
Noturno	22:00 às 7:00	45

Fonte: Lei municipal de Belo Horizonte nº9505 (2008)

A lei ainda trata sobre permissões, proibições e penalidades para os mais diversos casos, mas isso foge ao objetivo deste trabalho. As informações relevantes são, portanto, esses limites em decibéis de ponderação em A, que serão utilizados a fim de comparação na parte de resultados.



### 3.6.2 Normas Técnicas

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece 02(duas) normas relacionadas à temática acústica:

- NBR 10.151 – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral;
- NBR 10.152 – Níveis de ruído para o conforto acústico.

Basicamente, essas normas têm o papel de definir conceitos e determinar metodologias sobre como fazer medições acústicas, quais parâmetros usar e seus respectivos valores de referência. No controle do ruído considera-se o local, horário e a natureza das atividades emissoras de modo a compatibilizar o exercício das atividades com a preservação da saúde e do sossego público. O presente trabalho será baseado nas definições e metodologias estabelecidas principalmente pela norma NBR 10 151.

Em relação à forma de avaliação dos níveis sonoros, a norma NBR 10151, assim como a Lei municipal de Belo Horizonte nº 9505/2008, também utiliza como parâmetro nível sonoro equivalente (Leq), medido em curva de ponderação “A” e tempo de resposta “fast”. (ABNT, 2019).

De acordo com a norma NBR 10151, “a avaliação sonora é feita por meio da comparação dos níveis de pressão sonora medidos ou calculados, caracterizados previamente, com os respectivos limites de avaliação apresentados nesta Seção, conforme o tipo de área habitada e o período”. Na Tabela 3, se encontram-se os valores de referência. (ABNT, 2019).

Tabela 3 – Valores de referência para a NBR 10151

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

Fonte: ABNT, 2000

Como comentado anteriormente, o nível de pressão corrigido (Lr) deste trabalho, por ser um ruído sem caráter impulsivo e sem componentes tonais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente nível equivalente (Leq). Portanto, de acordo com a tabela, em uma zona hospitalar e no período diurno, o máximo ruído equivalente que deve se encontrar é 50dB.

### 3.7 ANÁLISE MÉDICA DOS RUÍDOS E SEUS IMPACTOS NA SAÚDE

A poluição sonora está presente no cotidiano da sociedade moderna e pode resultar em consequências alarmantes para os indivíduos expostos. (AZEVEDO et al., 1994). Os ruídos possuem,



portanto, a potencialidade de provocarem prejuízos ao organismo humano. É válido destacar que dentre os principais prejuízos que o contato com ruído excessivo pode causar ao organismo humano temos: distúrbios cardiovasculares, digestivos, lesões auditivas, transtornos do sono, irritabilidade, cansaço, diminuição do nível de atenção e hipertensão arterial (CARMO, 1999). Além disso, não se deve esquecer da perda auditiva induzida por ruído (PAIR), que se instala de maneira assintomática e provoca perda irreversível (BRASIL, 2011).

### **3.7.1 Anatomia e fisiologia da audição**

O ouvido humano é dividido em três partes distintas: ouvido externo, médio e interno (DAVIES et al., 2002). O ouvido externo compreende o pavilhão auricular (a orelha) e o canal auditivo que comunica está com a membrana timpânica (JACOB; FRANCONI; LOSSOW, 1990). O ouvido médio é composto por três ossículos denominados de martelo, bigorna e estribo que realizam uma ligação mecânica entre a membrana do tímpano e a janela oval (orifício repleto de membrana com ligação para o ouvido interno), além deste orifício de comunicação com o ouvido interno encontra-se no ouvido médio a janela redonda (igualmente coberta de membrana) e dois músculos responsáveis por atenuar o movimento desses ossículos o tensor do tímpano e o estapédio (DAVIES et al., 2002). O ouvido interno é formado pelo labirinto membranoso e o labirinto ósseo. O segundo é constituído por diversos canais perfurados no osso temporal do crânio enquanto que o labirinto membranoso fica localizado internamente a este. O labirinto ósseo é formado pela cóclea (responsável pela audição), vestíbulo e canais semicirculares (correspondendo às funções de equilíbrio). O membranoso é composto pelo ducto coclear (localizado dentro da cóclea), utrículo e sáculo (que ficam dentro do vestíbulo) e nos ductos semicirculares (localizados internamente aos canais de mesmo nome), como nos relata Ribeiro Filho (1994). O som é representado por diferentes pressões sonoras transmitidas através de ondas para o pavilhão externo, fazendo com que a membrana timpânica vibre. Esse movimento da membrana produz oscilação da posição dos ossículos do ouvido médio que tracionam a janela oval concomitantemente. A membrana timpânica e os ossículos do ouvido médio transferem esta onda sonora para a cóclea (DAVIES et al., 2002; IIDA, 2005). Quando a base do estribo choca-se com a janela oval, a perilinfa é movimentada, líquido este que localiza-se entre o labirinto ósseo e o membranoso. Dessa forma, uma onda é produzida que percorre todo o caracol até chegar à janela redonda, quando é dissipada. No seu vigésimo percurso, o movimento da perilinfa vibra então a membrana basilar que é a base da cóclea, onde localiza-se o elemento básico da audição denominado de órgão de Corti. As células sensoriais deste órgão transformam os impulsos mecânicos e elétricos que são transmitidos às fibras do nervo coclear que depois atingem o nervo auditivo para, finalmente, chegarem ao cérebro, onde ocorre efetivamente a percepção sonora (DAVIES et al., 2002).



### **3.7.2 Efeitos dos Ruídos ao Organismo**

O ruído é tratado pela Organização Mundial de Saúde, desde o ano de 1980, como um problema de saúde pública (RIOS, 2003). Segundo Palma et al. (2009, p.346) “o ruído vem sendo reconhecido como agente nocivo a saúde”. Os ruídos abaixo de 40dB apresentam-se apenas como desagradáveis, aqueles na faixa de 40 a 90dB possuem o potencial de causar distúrbios nervosos e os superiores a 90dB atuam de forma traumatizante no pavilhão auditivo (LACERDA, 1976 apud CARMO, 1999).

Ribeiro Filho (1974) conceitua a faixa de 70 a 90dB como crítica para o aparecimento de efeitos deletérios dos ruídos no organismo, em conjunto com outros fatores de risco como frequência, características físicas do local ruidoso, histórico e individualidade biológica dos expostos, etc.

O ruído elevado é o principal fator no que diz respeito ao desenvolvimento de problemas auditivos em adultos (DIAS et al., 2006) porém não se limitam a causar prejuízos apenas no aparelho auditivo, mas também no comprometimento fisiológico e mental dos indivíduos a ele expostos (CARMO, 1999).

Grandjean (1998) descreve 03(três) áreas principais onde os ruídos atuam sobre o organismo humano: as perturbações da atenção, perturbações sobre o ciclo circadiano e sensações de incômodos.

Ribeiro Filho (1996, p.433) esclarece alguns tópicos importantes a respeito da nocividade dos ruídos, declarando que “de maneira geral, ruídos agudos são mais nocivos que os graves, ruídos intermitentes mais nocivos que os contínuos e ruídos em recintos fechados mais nocivos que ao ar livre”.

### **3.7.3 Impactos no sistema auditivo**

Os efeitos do ruído compreendem desde alterações momentâneas de limiar até perdas auditivas irreversíveis (DEUS; DUARTE, 1997) estando dependente principalmente da intensidade e repetitividade destes eventos (GRANDJEAN, 1998). Porém, fatores como suscetibilidade individual, faixa etária do indivíduo, hereditariedade e outros como tensão, fármacos utilizados, alimentação e fumo também acabam influenciando na magnitude e efeito ocasionado por este agente (DEUS; DUARTE, 1997).

### **3.7.4 Impactos nos demais sistemas**

Alguns desconfortos que podem ser causados pelos ruídos incluem alterações do sono, problemas gástricos, repercussões sobre a visão e a concentração de pessoas expostas aos mesmos (BRASIL, 2006) e até mesmo levar a problemas psíquicos e irritabilidade após o trabalho (DIAS et al., 2006). Esses sintomas desenvolvem-se devido ao ruído apresentar-se como um agente estressante ao organismo, desencadeando uma cascata de reações no mesmo de diversas proporções (DAVIES et al., 2002). Outro fator preponderante é o efeito das altas doses de ruídos sobre o sistema nervoso



autônomo, ocasionando efeito vegetativo nos órgãos internos destacando-se o aumento da pressão arterial, maior atividade cardíaca, vasoconstrição dos vasos sanguíneos da derme, menor atividade do aparelho digestivo e aumento na tensão muscular. Esses efeitos são denominados de “reações de alarme” e agem com o intuito de proteger o organismo contra qualquer efeito nocivo ao mesmo (GRANDJEAN, 1998). A OMS (1980) descreve que ocorrem reflexos dos ruídos no eixo hipotálamo-hipófise adrenal, o que altera a produção hormonal com maior liberação do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) e de corticóides. Os órgãos mais atingidos seriam as glândulas endócrinas e exócrinas, órgãos do aparelho sexual, o sistema hormonal como um todo, entre outros. Carmo (1999) menciona que os efeitos deste agente no organismo humano abrangem ainda transtornos neurológicos (como dilatação das pupilas, tremores das mãos e piora de crises de epilepsia), transtornos vestibulares (um efeito agudo comum são as vertigens que podem ser acompanhadas de vômitos, náuseas, suor frio e até mesmo levar a desmaios), 24 transtornos digestivos (diminuição do peristaltismo podendo ocasionar perda do apetite, dores epigástricas, úlceras e gastrites), transtornos cardiovasculares (devido a vasoconstrição sanguínea provocada pelo ruído intenso o volume de sangue é diminuído e pode haver alterações em seu fluxo, causando taquicardia e alterações na pressão arterial). Os efeitos do ruído podem contemplar ainda distúrbios comportamentais nos indivíduos como mudanças de humor, cansaço, ansiedade, depressão, fadiga, estresse e redução da potência sexual (MEDEIROS, 1999). Os malefícios da exposição incluem alterações na qualidade e duração do sono, podendo provocar diminuição do tempo de sono total, diminuição do sono profundo do indivíduo, aumento do tempo de vigília e de fases superficiais do sono, reações de despertar mais frequentes e prolongamento do tempo de adormecer ao longo do dia (SOUZA, 2000).

## **4 METODOLOGIA**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA**

Trata-se de um estudo de campo, descritivo, quantitativo e observacional primário a partir da medição e avaliação do ruído em ponto estratégico, localizado na proximidade de um hospital de referência da região Centro-Sul de Belo Horizonte (Veja Figura 5). O procedimento de medição foi baseado na NBR 10.151, conforme descrito no item 4.2.



Figura 5 - Regiões de Belo Horizonte



Fonte: Geraes Imóveis (2020)

## 4.2 ADEQUAÇÃO À NORMA

A norma NBR 10151 traz as seguintes considerações acerca do procedimento de medição, que foram devidamente atendidas:

- O medidor de nível de pressão sonora e o calibrador acústico devem ter certificado de calibração da Rede Brasileira de Calibração (RBC) – Anexo 1;
- Não devem ser efetuadas medições na existência de interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza (por exemplo: trovões, chuvas fortes etc.);
- No exterior das edificações que contêm a fonte, as medições devem ser efetuadas em pontos afastados aproximadamente 1,2 m do piso e pelo menos 2 m do limite da propriedade e de quaisquer outras superfícies refletoras, como muros, paredes etc;
- O nível corrigido  $L_r$  para ruído sem caráter impulsivo e sem componentes tonais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente,  $L_{eq}$ ;
- O nível de pressão sonora equivalente deve ser calculado pela Equação 1.

## 4.3 MEDIÇÃO

### 4.3.1 Dias

As medições foram realizadas durante o período de uma semana do mês de dezembro de 2021, entre os dias 09/12/2021 e 16/12/2021, incluindo o final de semana.

### 4.3.2 Horários

Para a escolha do turno de medição foi feito um procedimento preliminar a fim de verificar em qual turno a atividade ruidosa seria mais intensa. Dessa forma, no primeiro dia de medição (09/12/21),



foram feitas medições durante os três turnos principais, manhã (6:00 às 8:00), tarde (11:00 às 13:00) e noite (17:00 às 19:00), que foram selecionados por se tratarem períodos de intensa movimentação de pessoas e automóveis nas ruas, sendo portanto, períodos nos quais a atividade ruidosa é mais relevante.

A partir dos dados coletados nesse dia, foi possível calcular o nível de pressão sonora equivalente de cada turno de medição, conforme é mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Nível de pressão sonora equivalente das medições M1, M2 e M3

<b>Turno</b>	<b>Horário</b>	<b>Referência (dB)</b>
manhã	6:00 às 8:00	59.8
tarde	11:00 às 13:00	63
noite	17:00 às 19:00	60.2

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

O período entre 11:00 e 13:00 foi aquele que apresentou o maior valor de nível de pressão sonora equivalente e, por isso, foi o escolhido para o prosseguimento das medições.

Apenas para confirmar a escolha do turno mais adequado para a realização das medições, repetiu-se o procedimento no dia seguinte (10/12/21), medindo-se no turno da tarde e da noite, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Nível de pressão sonora equivalente das medições M4 e M5

<b>Turno</b>	<b>Horário</b>	<b>Referência (dB)</b>
manhã	6:00 às 8:00	61.1
tarde	11:00 às 13:00	59.6

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Novamente o valor encontrado no período da tarde foi superior e, assim, as medições continuaram a ser realizadas neste horário. A Tabela 6 mostra todas as medições realizadas de forma clara e direta.

Tabela 6 - Organização das Medições

	<b>Medições</b>	<b>Data</b>	<b>Turno</b>	<b>Resultado (Figura nº)</b>
Etapa 1	M1	09/12/2021	Manhã	8
	M2	09/12/2021	Tarde	9
	M3	09/12/2021	Noite	10
	M4	10/12/2021	Tarde	11
	M5	10/12/2021	Noite	12
Etapa 2	M6	11/12/2021	Tarde	13
	M7	12/12/2021	Tarde	14
	M8	13/12/2021	Tarde	15
	M9	14/12/2021	Tarde	16
	M10	15/12/2021	Tarde	17
	M11	16/12/2021	Tarde	18

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)



### 4.3.3 Local

As medições foram realizadas sempre no mesmo ponto (Figura 6), que se localiza bem próximo a um hospital público de referência da região central de Belo Horizonte /MG. O hospital não será identificado por motivos éticos e legais, mas mesmo assim é válido destacar alguns dos critérios que levaram à sua escolha. O primeiro é por se tratar de um hospital público que suporta casos de internação. Nesse caso, os pacientes, que já estão com a saúde comprometida, estão em situação de maior vulnerabilidade em relação aos possíveis impactos que o ruído excessivo pode causar, inclusive em sua recuperação. É possível observar quartos de internação já no primeiro andar, bem próximo do local no qual foram feitas as medições. Além disso, outro motivo que levou à escolha deste específico hospital é por estar localizado logo na iminência de um cruzamento de grandes avenidas, nas quais milhares de carros trafegam diariamente e, como se sabe, estes são os principais agentes causadores da poluição sonora em grandes centros urbanos.

Figura 6 - Disposição dos equipamentos no local de medição



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

É válido ressaltar que a medição dos dados foi realizada durante o período atípico da pandemia de coronavírus (COVID-19). Apesar de estar aparentemente controlada e as pessoas já estarem regressando à normalidade, é uma informação pertinente de ser apresentada por se tratar de uma condição inerente à medição.

## 4.4 MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais utilizados estão mostrados na Figura 7. São eles:

- 1 Decibelímetro digital;
- 1 *windscreen* para proteção contra o vento;
- 4 Pilhas 1,5V tipo AA;



- 1 Cabo USB;
- 1 CD com o software para leitura dos dados;
- 1 Computador para a aquisição dos dados;
- 1 suporte para fixar o medidor.

Figura 7 - Materiais utilizados



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

#### 4.5 SENSOR

O sensor utilizado para a realização das medições é o decibelímetro digital Minipa 1355B. Ele é um instrumento de alta performance, que está em conformidade com a norma internacional IEC PUB 651 classe 2 para medidores de nível sonoro. Possui dois tipos de sinais de saída em AC e PWM e duas opções de ponderação, A e C. Além disso, são disponíveis duas seleções de tempo de resposta (Fast e Slow), o que permite a avaliação de diversos tipos de sinais, além de possuir uma interface com o computador, permitindo o download de informações ou análise em tempo real.

##### 4.5.1 Especificações técnicas

As características técnicas mais relevantes do sensor são descritas pela Tabela 7.

Tabela 7 - Características técnicas do sensor utilizado

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
Intervalo	30dB a 130dB
Resolução	0.1dB
Precisão	+/-1.5dB
Faixa Dinâmica	50dB/100dB
Faixa de frequência	31.5Hz a 8.5KHz
Memória do Data Logger	4700 dados
Intervalo do Data Logger	1s a 250s
Alimentação	4 pilhas AA
Peso	244g

Fonte: Manual de instruções do sensor (2022)



#### 4.5.2 Calibração

O sensor em questão possui certificado de calibração com rastreabilidade Inmetro/RBC, emitido pelo Laboratório Tecnocalibração. O método de calibração consiste em comparar diretamente os dados de um gerador de nível sonoro e o instrumento de calibração. Para mais detalhes, é possível consultá-lo no Anexo I.

#### 4.6 METODOLOGIA DE ANÁLISE

O procedimento de aquisição de dados consiste em primeiro fixar o sensor no suporte, a 1.2m do chão e colocar a esponja protetora contra o vento, conforme procedimentos estabelecidos pela NBR 10.151. Em seguida, para dar início à aquisição dos dados em tempo real, conectar o sensor à um computador por meio do cabo USB, abrir o software de aquisição e selecionar o recurso “live measure”. É válido ressaltar que nem todo sensor possui a funcionalidade de aquisição de dados e por isso deve-se atentar na hora da compra, para uma utilização desse tipo.

Por meio desse procedimento, foram aquiridos dados de nível sonoro, em decibéis de ponderação A (dBA) com uma frequência de amostragem de 1s. Ao final de cada medição, é disponibilizado os dados no formato excel, com a informação do valor medido em dB(A), o instante da medição, a ponderação em frequência e a data de medição.

### 5 RESULTADOS

#### 5.1 REPRESENTAÇÃO DO SINAL NO DOMÍNIO DO TEMPO

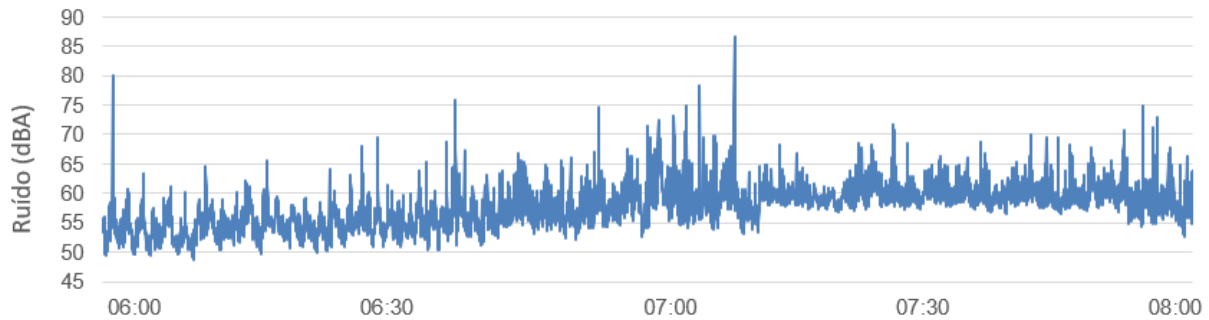
##### 5.1.1 Etapa 1: Procedimento preliminar

No dia 09/12 foram feitas medições de manhã (M1), à tarde (M2) e à noite (M3) e, no dia 10/12, medições à tarde (M4) e à noite (M5). Os dados obtidos em M1 até M5, estão, respectivamente, apresentados nas Figuras 8, 9, 10, 11 e 12.

A Figura 8 mostra a medição de ruído (M1) feita na quinta-feira dia 09 de dezembro de 2021 no período da manhã (06:00 às 08:00). É possível observar valores que variaram entre 48dB(A) e 87dB(A), com o valor médio de 58dB(A) e nível de pressão sonora de 60dB(A). É perceptível o aumento do ruído de forma crescente com o passar das horas, isto é, às 06:00 horas da manhã os valores de ruído estão visivelmente mais baixos que às 08:00 horas da manhã.



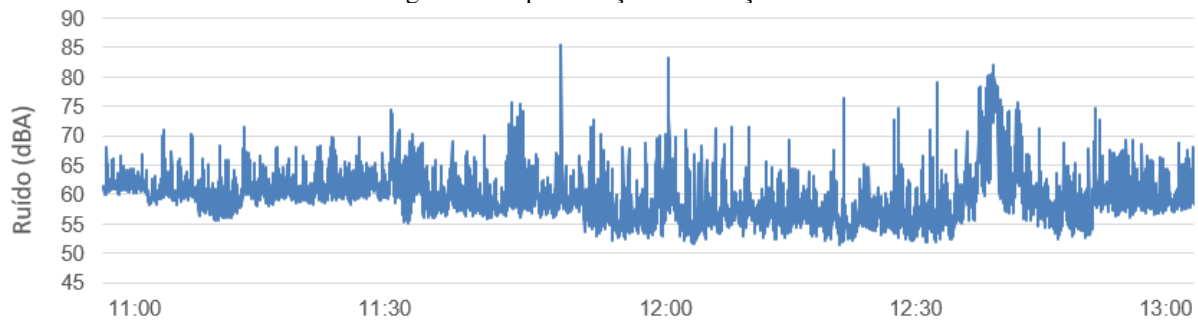
Figura 8 - Representação da medição M1



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

A Figura 9 mostra a medição de ruído (M2) feita na quinta-feira dia 09 de dezembro de 2021 no período da tarde (11:00 às 13:00). É possível observar valores que variaram entre 51dB(A) e 85dB(A), com valor médio de 59dB(A) e nível de pressão sonora de 63dB(A).

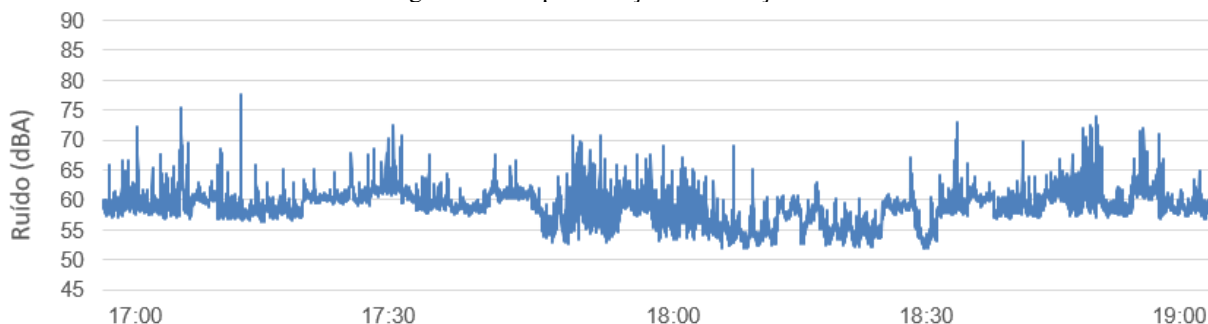
Figura 9 - Representação da medição M2



Fonte: Elaborado pelo Autor(2022)

A Figura 10 mostra a medição de ruído (M3) feita na quinta-feira dia 09 de dezembro de 2021 no período da noite (17:00 às 19:00). É possível observar valores que variaram entre 51dB(A) e 78dB(A), com valor médio de 59dB(A) e nível de pressão sonora de 60dB(A).

Figura 10 - Representação da medição M3

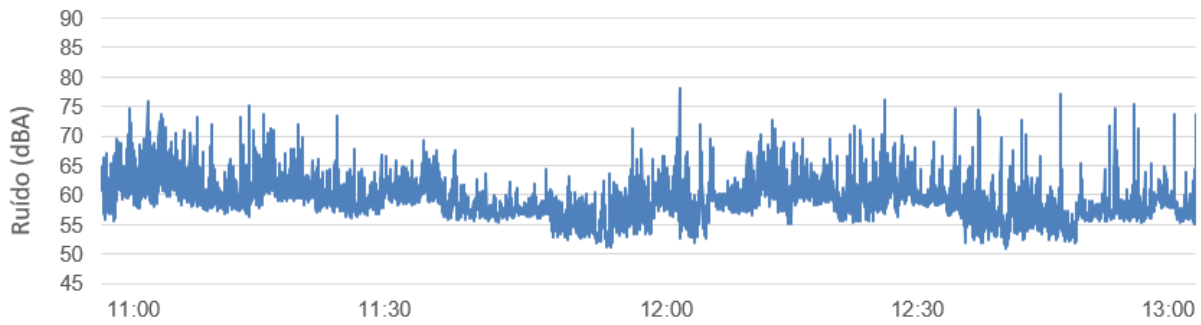


Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

A Figura 11 mostra a medição de ruído (M4) feita na sexta-feira dia 10 de dezembro de 2021 no período da tarde (11:00 às 13:00). É possível observar valores que variaram entre 51dB(A) e 78dB(A), com valor médio de 59dB(A) e nível de pressão sonora de 61dB(A).



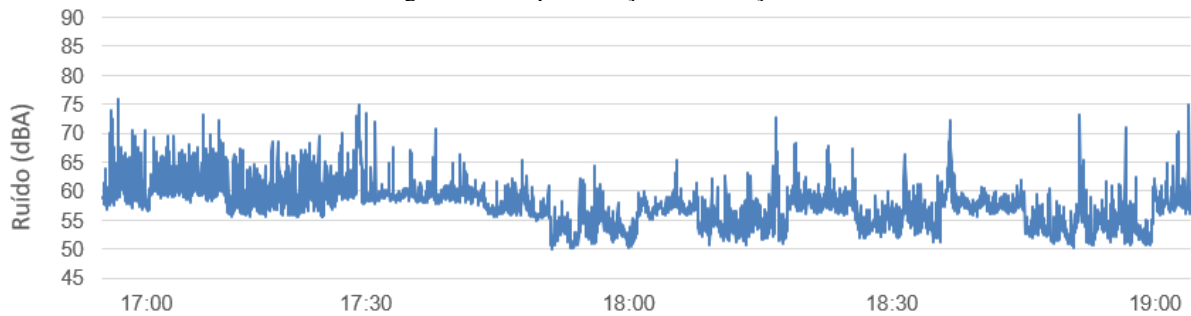
Figura 11 - Representação da medição M4



Fonte: Elaborado pelo Autor(2022)

A Figura 12 mostra a medição de ruído (M5) feita na sexta-feira dia 10 de dezembro de 2021 no período da noite (17:00 às 19:00). É possível observar valores que variaram entre 50dB(A) e 76dB(A), com valor médio de 58dB(A) e nível de pressão sonora de 60dB(A).

Figura 12 - Representação da medição M5



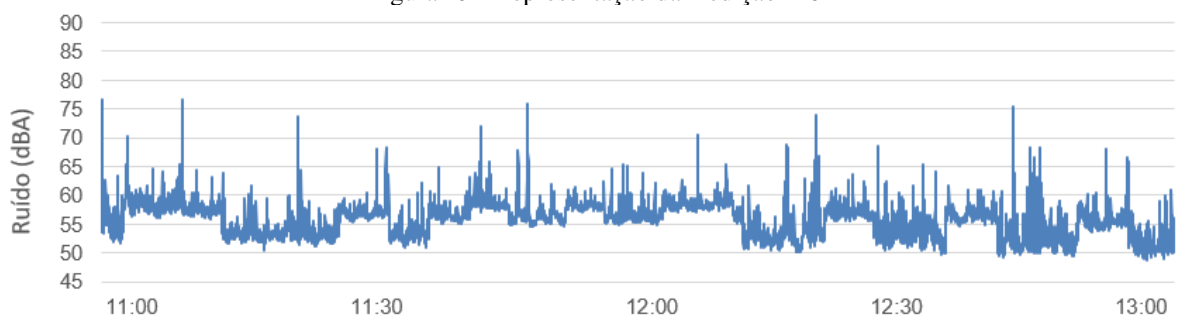
Fonte: Elaborado pelo Autor(2022)

### 5.1.2 Etapa 2: Medições de ruídos no período vespertino

Como indicado na metodologia, as próximas medições foram realizadas sempre no mesmo horário, de 11:00 às 13:00, para comparação do nível de ruído ao longo dos dias de uma semana. Os resultados destas seis medições M6 até M11 estão apresentados nas Figuras 13 a 18, respectivamente.

A Figura 13 mostra a medição de ruído (M6) feita no sábado dia 11 de dezembro de 2021 no período da tarde (11:00 às 13:00). É possível observar valores que variaram entre 48dB(A) e 77dB(A), com valor médio de 56dB(A) e nível de pressão sonora de 57dB(A).

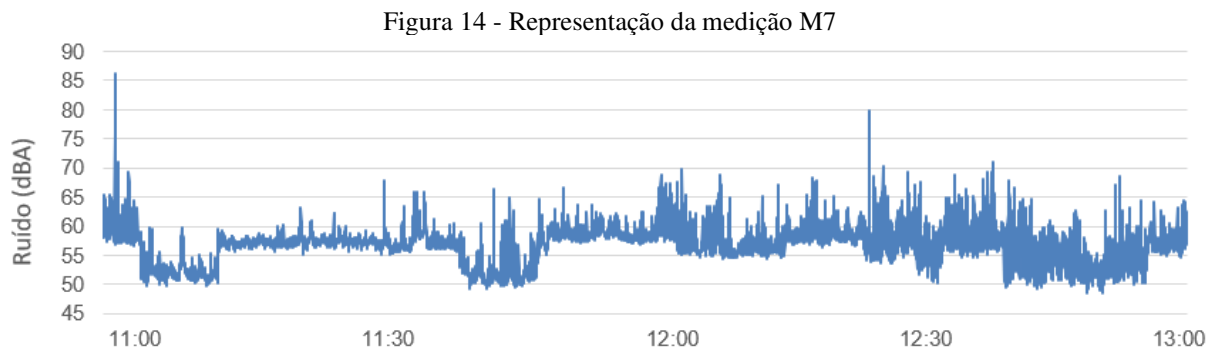
Figura 13 - Representação da medição M6



Fonte: Elaborado pelo Autor(2022)

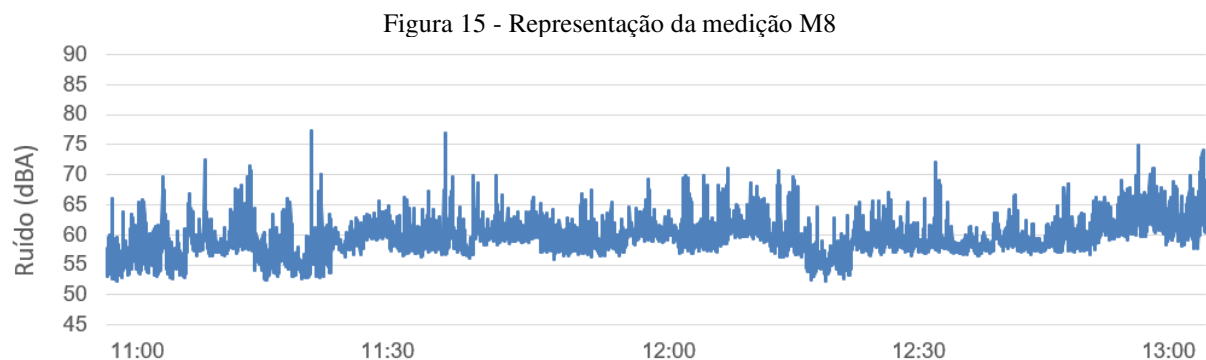


A Figura 14 mostra a medição de ruído (M7) feita no domingo dia 12 de dezembro de 2021 no período da tarde (11:00 às 13:00). É possível observar valores que variaram entre 48dB(A) e 86dB(A), com valor médio de 57dB(A) e nível de pressão sonora de 58dB(A).



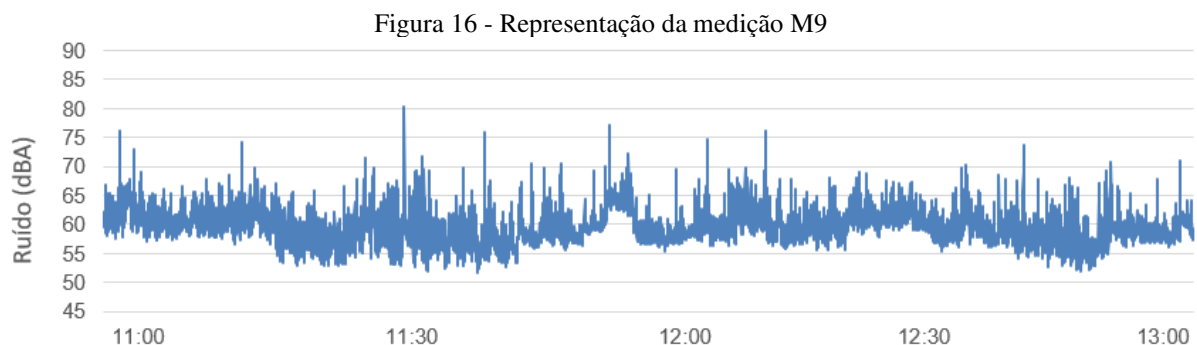
Fonte: Elaborado pelo Autor(2022)

A Figura 15 mostra a medição de ruído (M8) feita na segunda dia 13 de dezembro de 2021 no período da tarde (11:00 às 13:00). É possível observar valores que variaram entre 52dB(A) e 77dB(A), com valor médio de 59dB(A) e nível de pressão sonora equivalente de 61dB(A).



Fonte: Elaborado pelo Autor(2022)

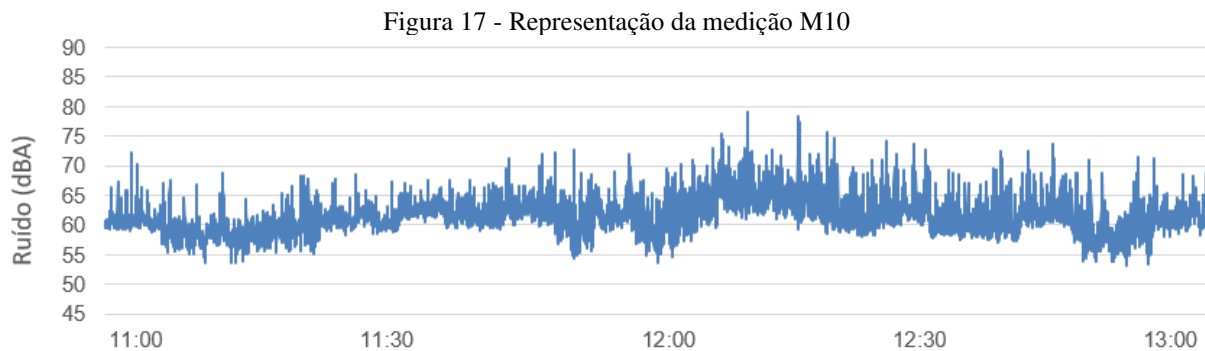
A Figura 16 mostra a medição de ruído (M9) feita na terça dia 14 de dezembro de 2021 no período da tarde (11:00 às 13:00). É possível observar valores que variaram entre 51dB(A) e 81dB(A), com valor médio de 60dB(A) e nível de pressão sonora de 61dB(A).



Fonte: Elaborado pelo Autor(2022)

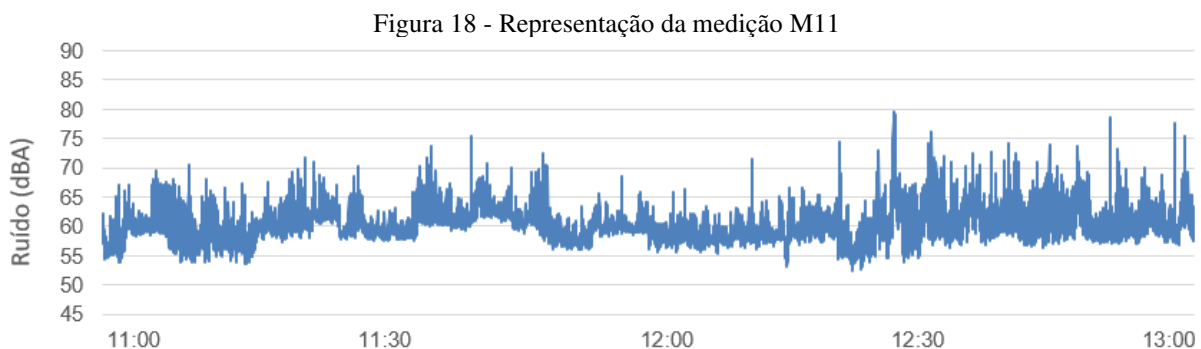


A Figura 17 mostra a medição de ruído (M10) feita na quarta dia 15 de dezembro de 2021 no período da noite (11:00 às 13:00). É possível observar valores que variaram entre 53dB(A) e 79dB(A), com valor médio de 61.5dB(A) e nível de pressão sonora de 63dB(A).



Fonte: Elaborado pelo Autor(2022)

A Figura 18 mostra a medição de ruído (M11) feita na quinta dia 16 de dezembro de 2021 no período da noite (11:00 às 13:00). É possível observar valores que variaram entre 52dB(A) e 80dB(A), com valor médio de 60dB(A) e nível de pressão sonora de 62dB(A).



Fonte: Elaborado pelo Autor(2022)

## 5.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Para a análise estatística dos dados foram consideradas todas as medições obtidas no horário vespertino, inclusive àquelas obtidas nos primeiros dias (09 e 10 de dezembro), ou seja, oito pontos de medições indicados por M2, M4, M6, M7, M8, M9, M10 e M11.

Os parâmetros estatísticos que foram avaliados foram: valores máximos, mínimos, média, desvio padrão e variância. Além disso, foi aferido o nível de pressão sonora equivalente para cada uma das medições efetuadas. Estes dados estão dispostos na Tabela 8.



Tabela 8 - Parâmetros estatísticos e nível de pressão sonora equivalente

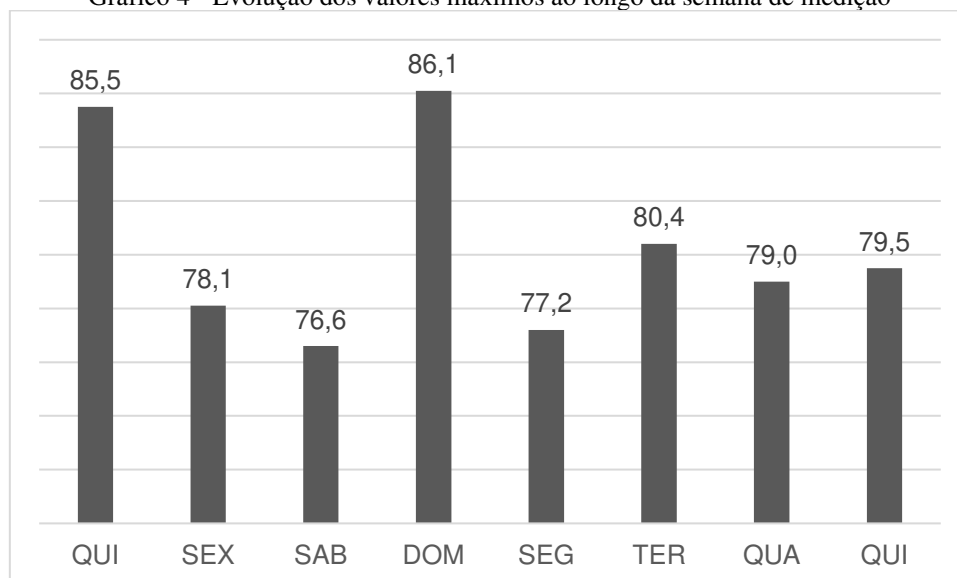
	QUI	SEX	SAB	DOM	SEG	TER	QUA	QUI
Máximo	85,5	78,1	76,6	86,1	77,2	80,4	79,0	79,5
Mínimo	51,4	50,9	48,7	48,6	52,2	51,6	53,2	52,5
Média	59,4	59,3	55,7	56,7	59,4	59,6	61,5	60,4
Desvio padrão	4,0	3,4	3,0	3,3	2,8	3,0	3,0	3,0
Variância	16,0	11,6	9,0	10,6	8,1	9,0	9,2	9,3
Nível equivalente (Leq)	63,0	61,1	57,2	58,4	60,6	60,9	62,8	61,9

Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

A evolução de cada parâmetro estatístico, ao longo dos dias da semana, foi analisada, conforme pode ser observado nos Gráficos 4 a 9. Nesse sentido, é possível ver a evolução dos valores máximos (Gráfico 4), valores mínimos (Gráfico 5), média aritmética (Gráfico 6), desvio padrão (Gráfico 7), variância (Gráfico 8) e nível de pressão sonora (Gráfico 9).

O Gráfico 4 mostra os valores máximos de todas as medições efetuadas à tarde, isto é, M2, M4, M6, M7, M8, M9, M10 e M11. Percebe-se pelos dados que os valores máximos de maior intensidade foram aferidos na primeira quinta-feira desta semana (M2) e no domingo (M7), sendo obtidos 85.5 e 86.1 dB, respectivamente. Nos demais seis dias, foram aferidos valores de quase 80 dB para as medições de terça (M9), quarta (M10) e quinta (M11) e valores abaixo de 78 dB nas medições de sexta (M4) e sábado (M6). Esses ruídos impulsivos, ou seja, uma explosões sonoras com duração menor que 1 segundo, podem ter sido ocasionados por diversas causas como escape de motos, passagem de helicóptero ou cortador de grama, por exemplo.

Gráfico 4 - Evolução dos valores máximos ao longo da semana de medição



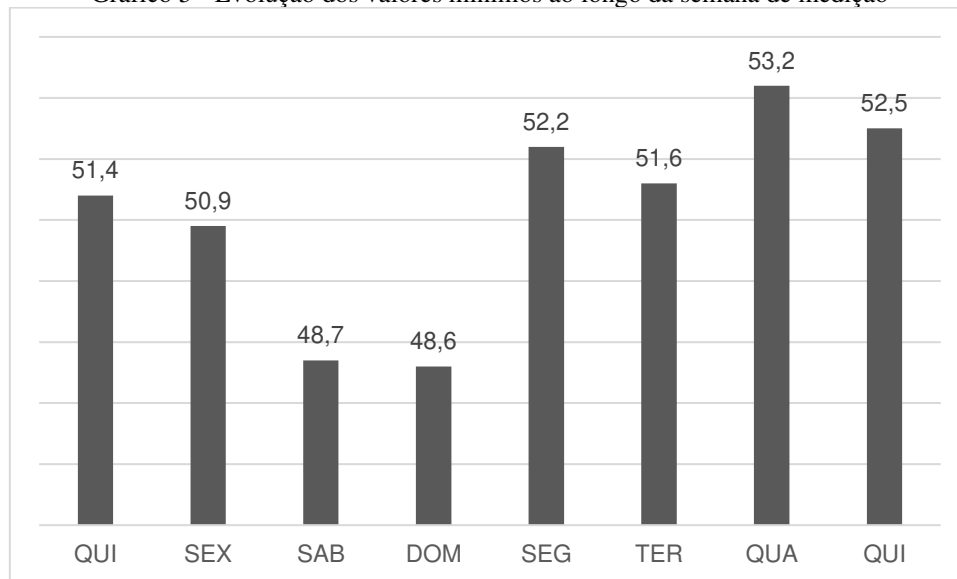
Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

O Gráfico 5 mostra os valores mínimos obtidos em cada dia de medição. É possível perceber que os menores valores desta aferição foram obtidos para os dias de fim de semana (sábado-M6 e domingo-M7). Os dias da semana (2ª à 6ª feira) tiveram valores mínimos mais altos que os obtidos



para os dias de fim de semana, o que é esperado já que nestes dias a circulação de pessoas e de veículos é mais intensa.

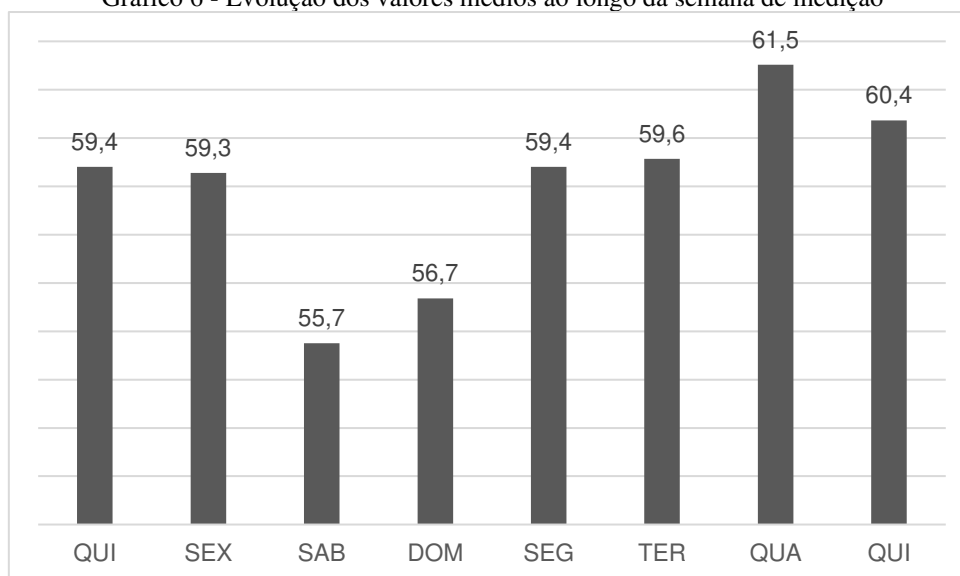
Gráfico 5 - Evolução dos valores mínimos ao longo da semana de medição



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

O Gráfico 6 mostra os valores médios obtidos em cada dia de medição. Novamente, os valores obtidos durante os finais de semana são bem mais baixos que aqueles obtidos nos dias de semana.

Gráfico 6 - Evolução dos valores médios ao longo da semana de medição

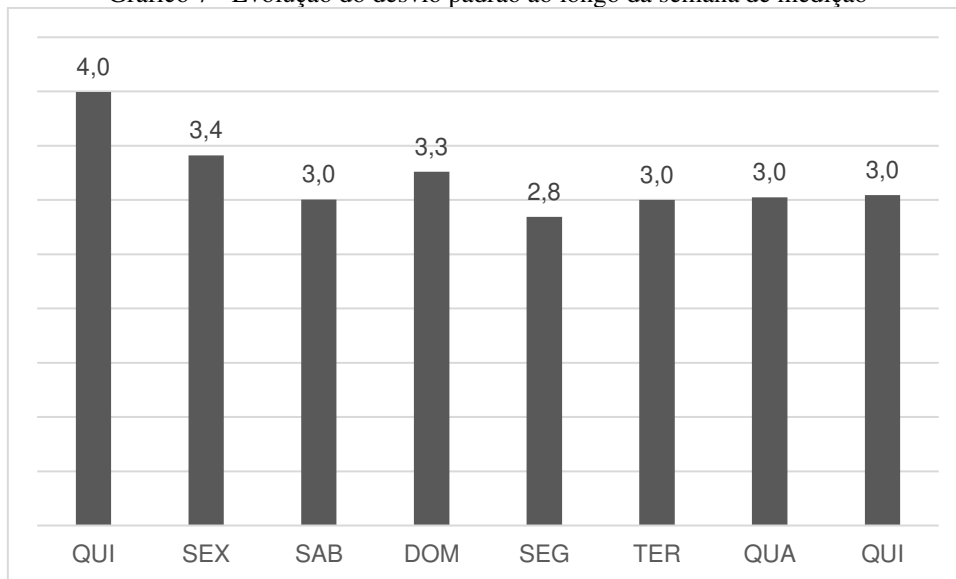


Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

O Gráfico 7 mostra os desvios padrão obtidos em cada dia de medição. Nota-se que foram obtidos valores bem constantes deste parâmetro ao longo da semana, sendo o desvio padrão médio igual a 3.2.



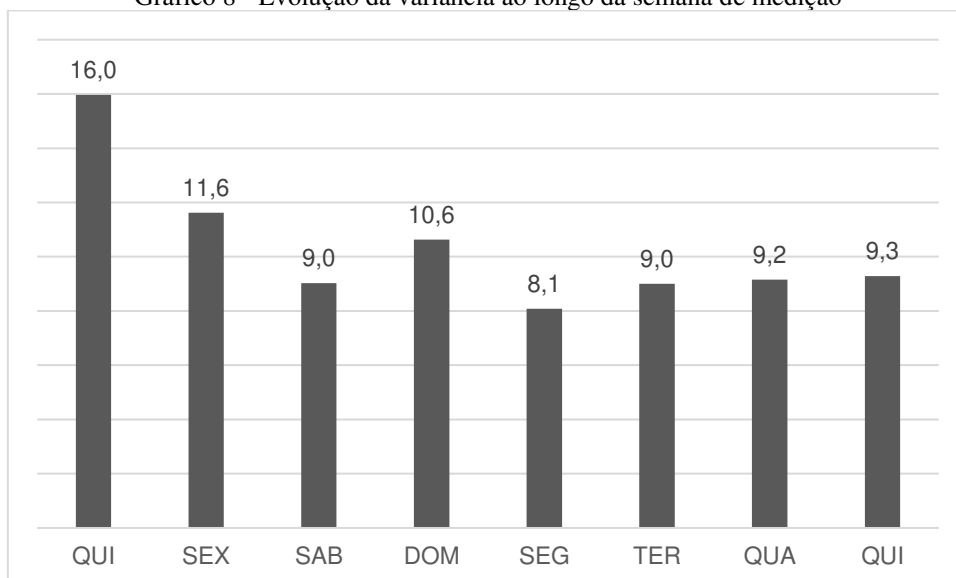
Gráfico 7 - Evolução do desvio padrão ao longo da semana de medição



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

O Gráfico 8 mostra a variância obtida em cada dia de medição. Este parâmetro corresponde ao quadrado do desvio padrão.

Gráfico 8 - Evolução da variância ao longo da semana de medição

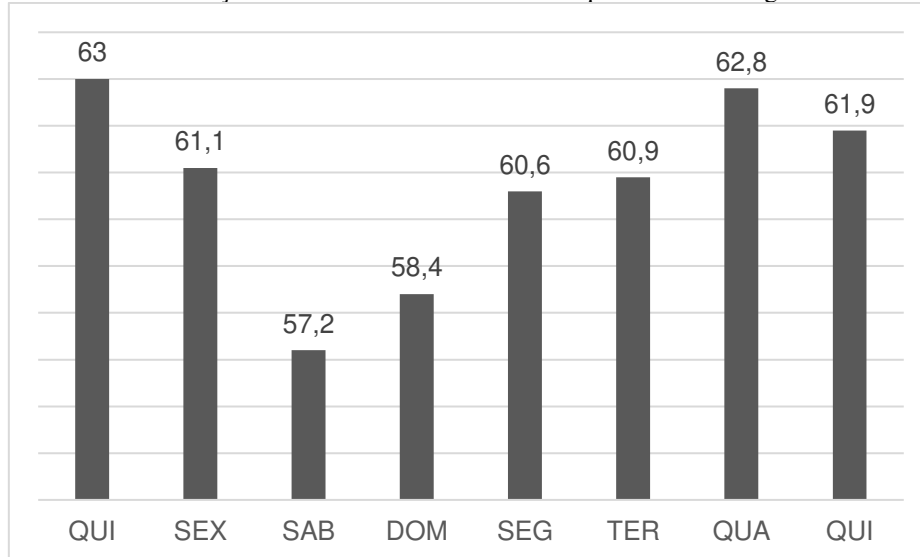


Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

O Gráfico 9 mostra o nível de pressão sonora equivalente obtido em cada dia de medição. Este é o principal parâmetro utilizado como referência pelas norma NBR 10.151 (2019) e a legislação municipal de Belo Horizonte (Lei nº9505/2008) para verificar a conformidade de uma atividade sonora. A comparação dos dados obtidos com a norma será devidamente abordada na parte de discussão.



Gráfico 9 - Evolução do Nível de Pressão Sonora Equivalente ao longo da semana



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 COMPOSIÇÃO DO RUÍDO NO LOCAL DE MEDIÇÃO

Durante todo o período de medição, foram observados diversos fatores que constituem o ruído no ambiente do hospital. O primeiro deles foi percebido logo no primeiro dia de medição. A imensa quantidade de pássaros que lá habitam, de diversas espécies distintas, emitem sons que participam da composição do ruído ambiente, apesar de se tratar de uma contribuição sonora agradável. A Figura 19 mostra diferentes espécies encontradas durante as medições.

Figura 19 - Diversidade de pássaros no local de medição



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

Além disso, foi observado também que logo em frente ao hospital existe um estacionamento. Por esse motivo, diversas vezes durante o dia é disparado o alarme dos carros que ali estão

estacionados, contribuindo de uma maneira muito incômoda para a composição do ruído ambiente. Apesar de bastante recorrente, estes disparos de alarme se cessavam em poucos minutos.

Diferentemente dos outros dois fatores, algo que contribuiu de maneira muito significativa e prejudicial para a composição do ruído são os equipamentos hidráulicos e de climatização localizados logo na entrada do hospital, que emitem ruído de elevada intensidade e provavelmente carecem de algum tipo de manutenção. Esses equipamentos podem ser vistos na Figura 20.

Figura 20 - Equipamentos ruidosos no local de medição



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

Seu impacto é realmente significativo por permanecerem em operação quase o tempo todo e por emitirem uma alta atividade ruidosa no ambiente. Para fins de comparação, foi possível ver graficamente durante as medições a diferença que estes equipamentos geram na composição do ruído. Nesse sentido, durante a primeira hora de medição do domingo (12/12), foi percebido um desligamento dos equipamentos ruidosos durante um período de tempo de aproximadamente 10 minutos. Baseado nessa percepção, foi construída uma análise comparativa entre o momento em que os equipamentos estavam ligados com o momento em que estavam desligados.

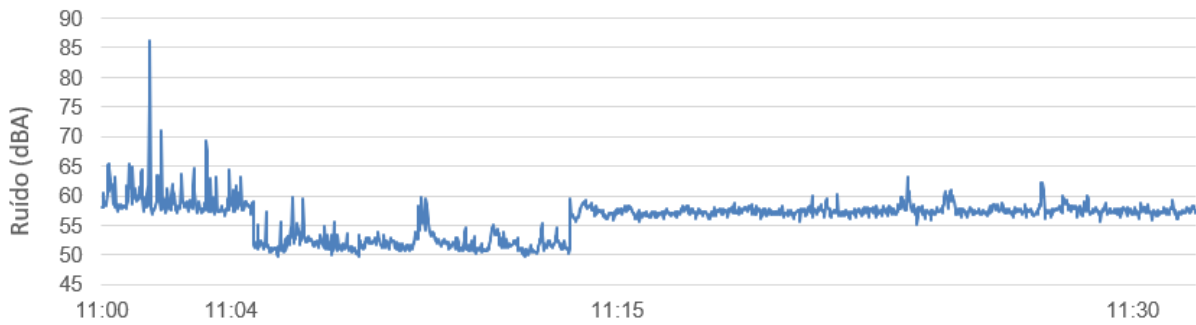
Na Figura 21 é possível visualizar claramente quando os equipamentos são desligados, que corresponde ao período entre 11:04 e 11:15. Em seguida, os equipamentos são religados e temos uma medição bem uniforme por um tempo. Calculando-se o nível de pressão sonora equivalente do período em que os equipamentos estavam desligados e também do período subsequente, no qual estavam ligados, temos:

- Equipamentos desligados: 52,4 dB(A);
- Equipamentos ligados: 57,5 dB(A).

Essa simples análise nos dá a dimensão da contribuição sonora destes equipamentos no ambiente do hospital. 5 dB é um valor muito significativo e, por este motivo, estes equipamentos deveriam ser submetidos à revisão/ manutenção ou até substituídos por modelos mais recentes menos barulhentos.



Figura 21 - Análise do ruído emitido pelos equipamentos



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

Por fim, é válido destacar também a contribuição do trânsito, já que esta é a fonte de ruído mais incômoda na percepção das pessoas. Como dito anteriormente, o hospital se localiza nas proximidades de um cruzamento de movimentadas avenidas. Dessa forma, existe tanto o ruído gerado pelo tráfego nessas vias, como também aquele originário do trânsito na própria rua do hospital. A figura 10 mostra o intenso fluxo de veículos nas proximidades do hospital de referência.

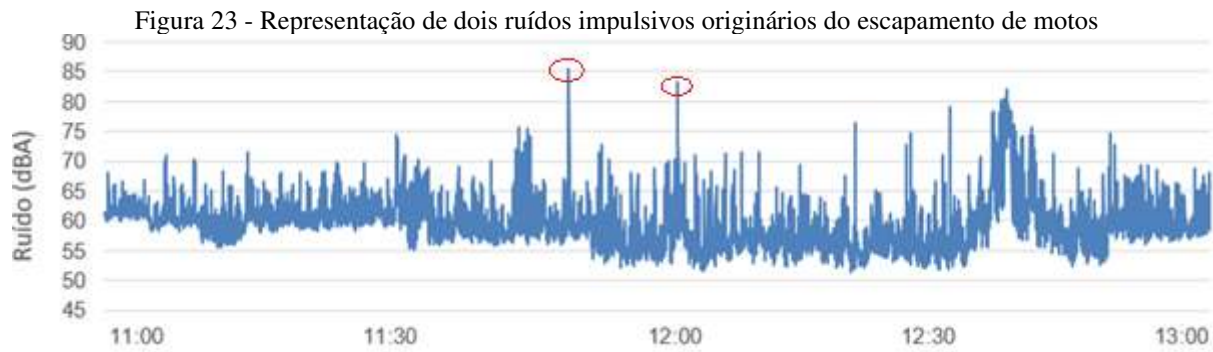
Figura 22 - Fluxo de carros nas proximidades do hospital



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

Outra característica observada durante a medição é que a grande maioria dos picos encontrados eram ocasionados pelo som advindo do escapamento de motos. Logo no primeiro dia de medição, tivemos dois exemplos bem claros, como se pode observar no Gráfico 22, no qual os dois picos circulos de vermelho correspondem aos dois maiores valores de toda a medição no dia. Somado a isso, outros ruídos impulsivos que puderam ser observados ao longo da semana de medição são a passagem de helicópteros, ambulantes vendendo e cortadores de grama, utilizados quando o jardim precisa ser aparado.





Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

## 6.2 COMPARAÇÃO DOS DADOS COM A REGULAMENTAÇÃO

O parâmetro de referência adotado pelas regulamentações é o nível de intensidade sonora equivalente (Leq) e o limite máximo que pode ser encontrado nas zonas hospitalares, no período diurno em cada uma delas é:

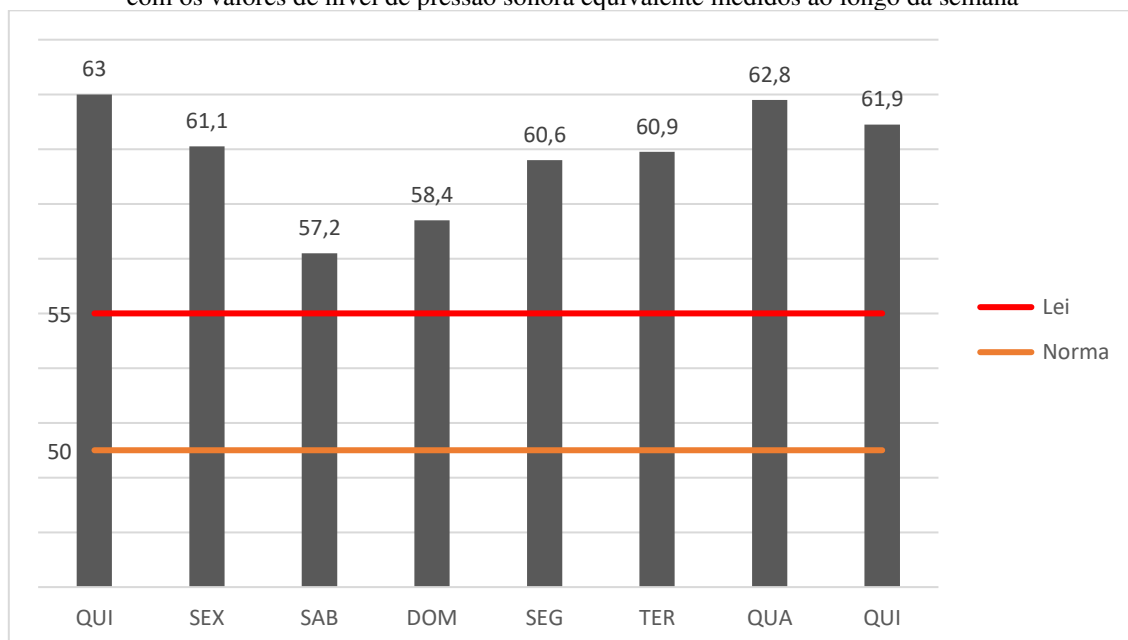
- NBR 10151 - 50 dB(A) - Tabela 2;
- Legislação municipal - 55dB(A) – Tabela 3.

Dessa maneira, será feita uma comparação entre estes níveis de intensidade sonora equivalente de referência com os níveis de intensidade sonora equivalente medidos na prática.

### 6.2.1 Nível de pressão sonora equivalente

A partir do Gráfico 9, que representa a evolução do nível sonoro equivalente medido ao longo da semana, incorpora-se duas linhas constantes que representam os valores de referência da norma técnica (vinho - 50 dB) e lei municipal (vermelha- 55dB) e obtém-se o Gráfico 12.

Gráfico 10 - Comparação entre o nível de pressão sonora equivalente de referência da NBR 10.151 e da Lei n° 9505/2008 com os valores de nível de pressão sonora equivalente medidos ao longo da semana



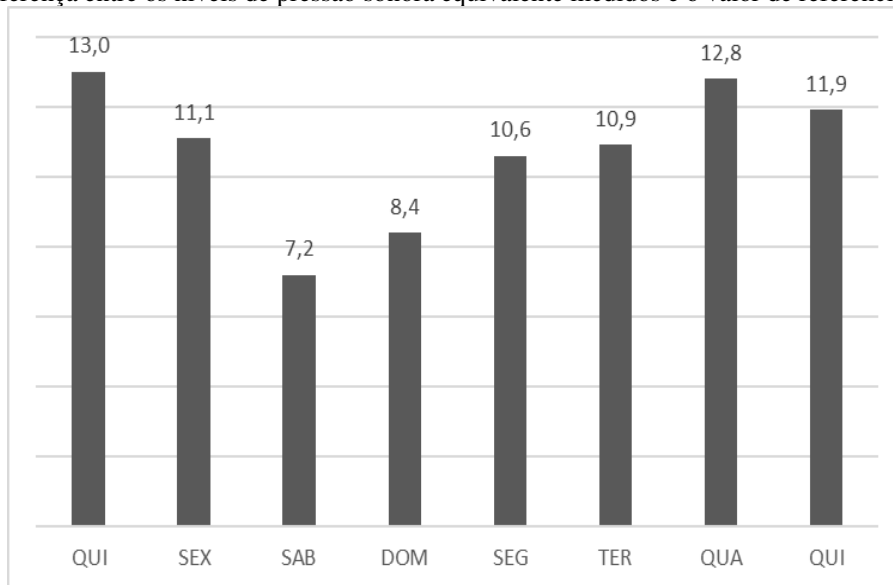
Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)



É possível perceber que em todos os dias este parâmetro medido foi muito superior ao valor de referência estabelecido tanto pela NBR 10151 quanto pela lei municipal de Belo Horizonte (nº9505/2008).

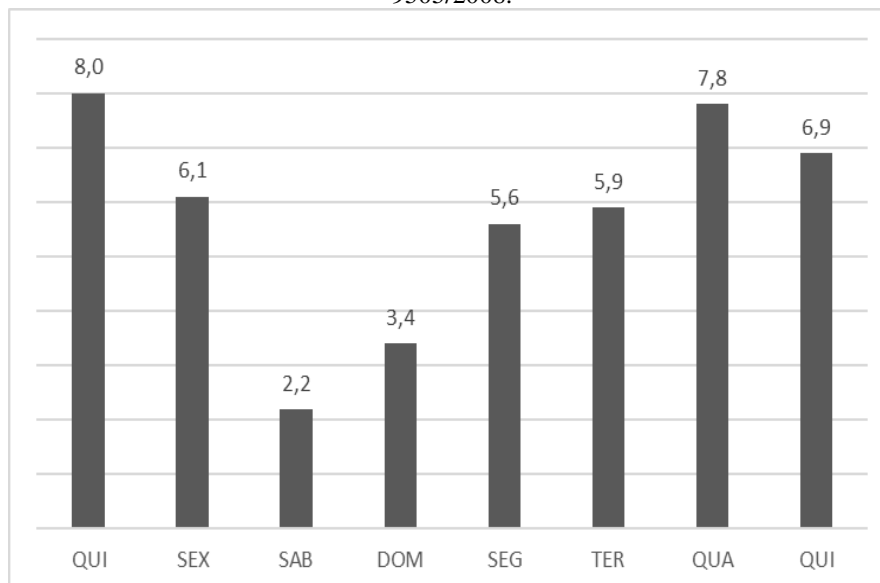
No Gráfico 13 podemos ver a diferença, isto é, o resultado da subtração entre o nível de pressão sonora equivalente medido e o valores de referência da norma. Já no Gráfico 14, é possível ver a diferença entre o nível medido e a lei. Uma vez que a diferença, em ambos os casos, é sempre um número positivo, conclui-se que o nível de referência foi ultrapassado em todas as medições.

Gráfico 11 - Diferença entre os níveis de pressão sonora equivalente medidos e o valor de referência da NBR 10.151



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

Gráfico 12 - Diferença entre os níveis de pressão sonora equivalente medidos e o valor de referência da Lei nº 9505/2008.



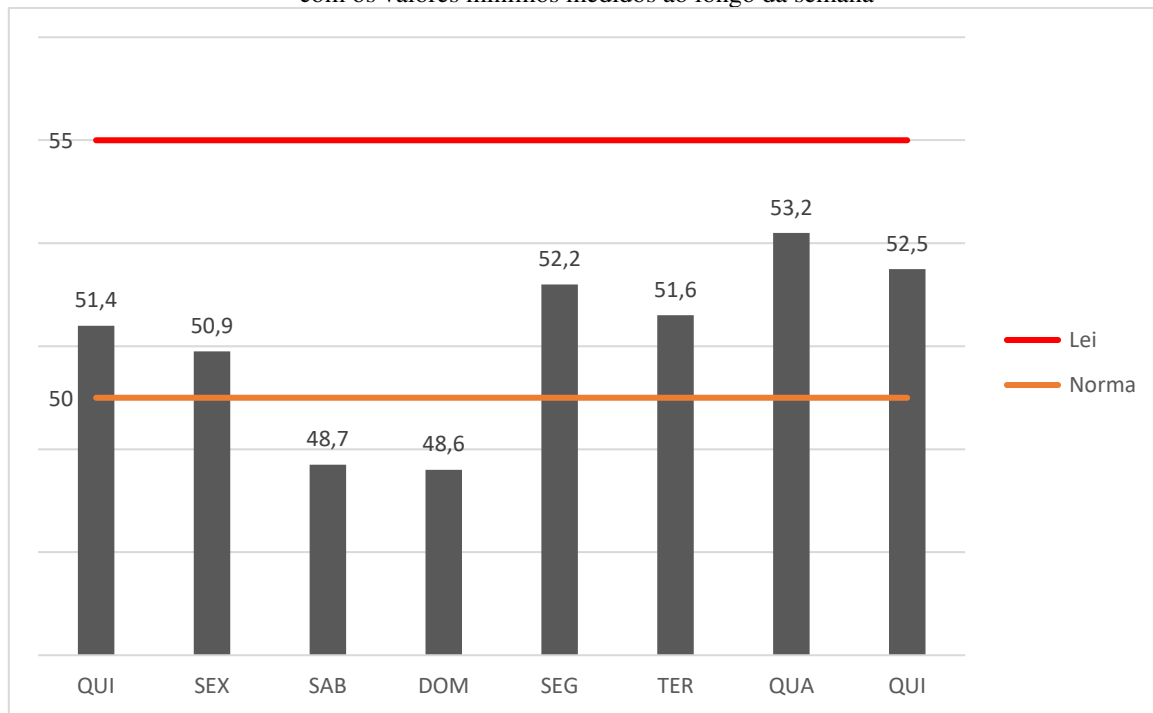
Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)



### 6.2.2 Valor mínimo

Da mesma forma, também foram adicionadas ao Gráfico 5, que representa a evolução do valor mínimo ao longo da semana, linhas horizontais correspondentes aos valores de referência da norma e da lei, obtendo-se o Gráfico 15. Novamente, a linha laranja representa a norma NBR 10151, enquanto a vermelha representa a lei municipal de Belo Horizonte nº9505/2008.

Gráfico 13 - Comparação entre o nível de pressão sonora equivalente de referência da NBR 10.151 e da Lei nº 9505/2008 com os valores mínimos medidos ao longo da semana



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

Primeiramente em relação à norma (linha vinho), nota-se que em todos os dias de semana o valor mínimo esteve acima do valor de referência e isto significa que os valores de medição (M2, M4, M8, M9, M10 e M11), em todos os instantes destes dias, foram excessivos. Apenas no final de semana foi possível observar instantes de conformidade com a norma, mas estes representaram uma participação ínfima de apenas 0.95% do tempo total de medição do sábado (M6) e 0.98% do tempo de domingo (M7).

Essas informações indicam duas percepções: a primeira é que aparentemente nos finais de semana existe menos ruído que nos dias de semana e a outra é que, mesmo assim, em 99% do tempo a intensidade ruidosa está acima do recomendado. O ruído ser menor aos finais de semana faz sentido, já que há um fluxo bem menor de pessoas e automóveis nas ruas nestes dias. Para comprovar essa tese, seria necessário realizar medições durante mais semanas.

Em relação à lei municipal, é possível observar através do Gráfico 15 que o valor mínimo em todos os dias esteve abaixo da recomendação. Isto significa que pelo menos em um instante em cada



medição foi observada a conformidade com a lei. A participação representativa destes instantes de conformidade em relação ao tempo total de medição de cada dia está disposta na Tabela 9.

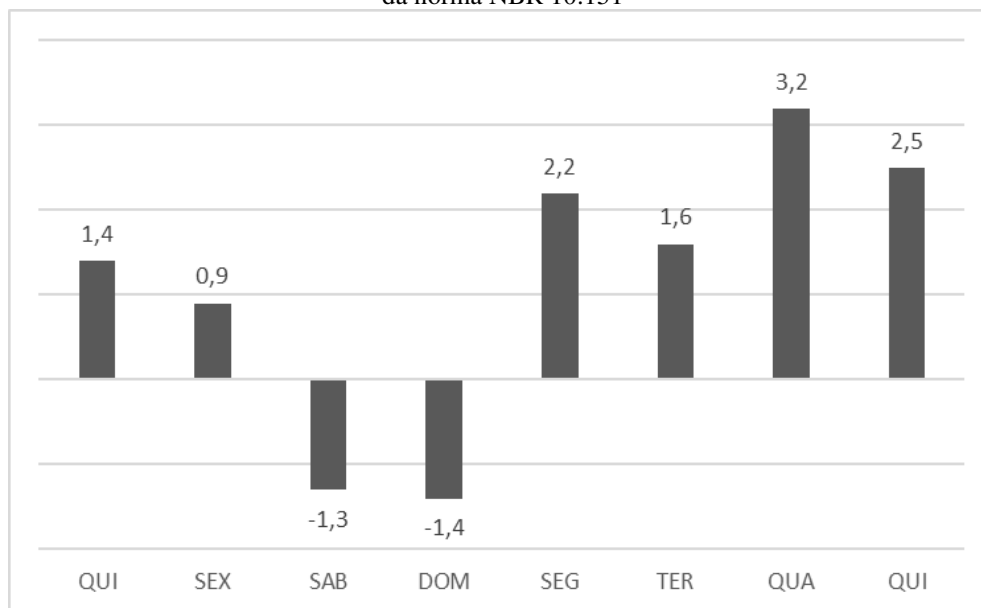
Tabela 9 - Participação dos instantes de conformidade no tempo total de medição ao longo da semana

<b>Dia da semana</b>	<b>Conformidade</b>
Quinta	11.2%
Sexta	8.8%
Sábado	37.8%
Domingo	24.8%
Segunda	6.5%
Terça	5.3%
Quarta	0.7%
Quinta	2.0%

Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

A diferença entre os valores mínimos medidos e valor de referência da norma pode ser observada no gráfico 16, enquanto que a diferença para a lei pode ser observada no Gráfico 17.

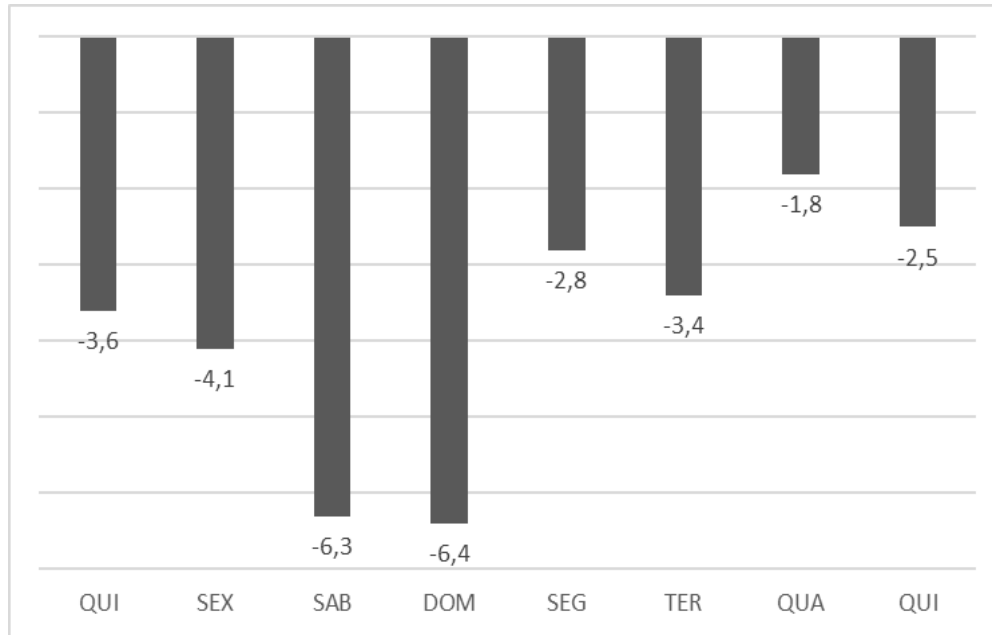
Gráfico 14 - Diferença entre os valores mínimos medidos e o valor de nível de pressão sonora equivalente de referência da norma NBR 10.151



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)



Gráfico 15 - Diferença entre os valores mínimos medidos e o valor de nível de pressão sonora equivalente de referência da Lei nº9505/2008



Fonte: Elaborado pelo Autor (2022)

Por fim, o nível de pressão sonora equivalente medido em nenhum dia esteve sequer próximo ao nível de pressão sonora aceitável pela norma NBR 10151 e pela legislação municipal. Não só isso, como o valor instantâneo medido, em si, só esteve abaixo de valores aceitáveis por pouquíssimo tempo. O dia mais próximo do aceitável foi sábado, no qual foi obtido um nível de pressão sonora equivalente de aproximadamente 57dB, 7dB acima da recomendação técnica e 2dB acima da exigência legal. Além disso, este mesmo dia obteve valores de ruído aceitáveis pela norma em apenas 1% do tempo e valores aceitáveis pela Lei em 38% do tempo. Isso é extremamente pouco para um hospital desta magnitude.

### 6.3 ANÁLISE CRÍTICA E IMPACTOS NA SAÚDE

Esses níveis de ruído encontrados no local de medição podem ocasionar, além da mais conhecida perda auditiva induzida por ruído (PAIR), também comprometimento da resposta imunológica, transtornos do sono, delírios, irritabilidade, cansaço, fadiga, diminuição do nível de atenção, aumento da secreção, hipertensão arterial, distúrbios cardiovasculares e digestivos. Neste contexto, conclui-se que a ausência de ruído em níveis acima do permitido torna-se um recurso fundamental para recuperação e manutenção da saúde do paciente internado.

Dessa maneira, é muito importante que medidas sejam tomadas para que o ruído que chega ao hospital seja atenuado, a começar pela inspeção/ substituição dos equipamentos altamente ruidosos já citados. Além disso, alguns hospitais adotam uma medida conhecida como tempo de silêncio. Essa proposta consiste na suspensão de todas as atividades barulhentas por um breve momento, juntamente com o apagar das luzes. Essa medida busca atingir uma condição na qual o paciente possa relaxar adequadamente, mesmo que por poucos instantes. É recomendável também o uso de tampões de



ouvidos para os doentes, sobretudo no período noturno. Outra intervenção é proporcionar o conforto acústico por meio da reestruturação do ambiente físico, já que este é um dos fatores que interferem na percepção auditiva. Por fim, a implementação de isolamento acústico nos quartos de internação, placas de sinalização de zona hospitalar e monitoramento constante de ruído por parte do hospital são medidas que devem ser levadas em consideração.

Apesar de os ruídos hospitalares causarem efeitos negativos na saúde dos pacientes, o ambiente hospitalar não precisa ser totalmente silencioso. A musicoterapia é uma técnica que vem sendo muito utilizada na diminuição da ansiedade e atenuação da dor dos pacientes por meio de momentos de descontração.

Diante do exposto, percebe-se que o impacto dos ruídos envolve uma temática séria, pois repercute negativamente na saúde do doente e em sua recuperação.

## 7 CONCLUSÃO

Foi possível cumprir com os objetivos deste trabalho de analisar a intensidade de ruído encontrada nas proximidades de um hospital de referência, comparar com as normas reguladoras e estabelecer uma discussão sobre os impactos desta exposição aos pacientes internados.

Como resultado, foram obtidos valores de nível de pressão sonora equivalente extremamente elevados durante todos os dias de medição, bem acima das recomendações da norma NBR 10151 e da exigência da lei municipal de Belo Horizonte nº 9505/2008. Nesse sentido, em relação a este parâmetro, que é adotado como referência para a avaliação da intensidade ruidosa, nenhum dos dias de medição esteve em conformidade. Avaliando-se os valores individuais, em relação à norma, existiram instantes de conformidade apenas no final de semana, mas estes representaram uma participação ínfima de apenas 0.95% do tempo total de medição do sábado (M6) e 0.98% do tempo de domingo (M7). Já em relação à Lei nº 9505/2008 (menos rígida), em todos os dias foram encontrados pelo menos um instante de conformidade, mas estes também não representaram uma participação muito elevada (Tabela 9).

Tudo isso demonstra um perigo eminente à saúde e à recuperação dos pacientes internados e medidas para atenuação do ruído que chega ao hospital se fazem necessárias. Isoladores acústicos, placas de sinalização de zona hospitalar e fiscalização foram ações sugeridas para tal.

Por fim, uma análise de dados sonoros do domínio espectral não foi contemplada neste trabalho e é algo muito interessante de ser visto em trabalhos futuros, assim como também estudos que visam medir a intensidade de ruídos na parte interna do hospital e estudos que possam tentar quantificar o impacto dos ruídos no processo de recuperação.



**REFERÊNCIAS**

ANDRADE, Ana I. A.; RUSSO, Iêda C. P.; LIMA, Maria L. L. T.; OLIVEIRA, Luiz C. S. **Avaliação auditiva em músicos de frevo e maracatu**. Revista Brasileira de Otorrinolaringologia, São Paulo, v. 68, n. 5, out. 2002.

ANDRADE, Isabela F. Côrtes de; RUSSO, Iêda C. Pacheco. **Relação entre os achados audiométricos e as queixas auditivas e extra-auditivas dos professores de uma academia de ginástica**. Revista da Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 167- 173, out. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.151: **Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade**. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.151: **Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas – Aplicação de uso geral**. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.152: **Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro, 1987.

ALVARES, Pedro Alcântara de Souza; SOUZA, Fernando Pimentel. A Poluição Sonora em Belo Horizonte. **Acústica e Vibrações**, [s. l.], 1992.

BAHNIUK, Paulo Henrique. **Nível de emissão sonora em aulas de spinning e indicadores de possíveis repercussões na saúde dos profissionais que trabalham com esta atividade**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

BRASIL - MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Perda auditiva induzida por ruído (PAIR)**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006. Disponível em: . Acesso: 30 jan. 2022.

BRASIL - MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Normas regulamentadoras. **NR 7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional**. 2011.

BRASIL - MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Normas regulamentadoras. **NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**. 2011.

BRASIL - MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Normas regulamentadoras. **NR 15 – Atividades e operações insalubres**. 2011.

CÂMARA MUNICIPAL DE BELO HORIZONTE. Lei ordinária municipal nº 9505, de 23 de janeiro de 2008. O Povo do Município de Belo Horizonte, por seus representantes, decreta e sanciona a seguinte Lei: **O controle de ruídos, sons e vibrações no município de Belo Horizonte e das outras providências**.

CARMO, Livia I. C. do. **Efeitos do ruído ambiental no organismo humano e suas manifestações auditivas**. 1999. 45 f. Monografia (Especialização em Audiologia Clínica) – Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica, Goiânia, 1999. Disponível em: . Acesso: 30 jan. 2022.

DAVIES, Andrew; BLAKELEY, Asa G. H.; KIDD, Cecil; MCGEOWN, J. G. **Fisiologia humana**. Porto Alegre: Artmed, 2002.



DIAS, Adriano; CORDEIRO, Ricardo; CORRENTE, José E.; GONÇALVES, Cláudia G. de Oliveira. **Associação entre perda auditiva induzida pelo ruído e zumbidos**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 63-68, jan. 2006.

DIAS, Adriano; CORDEIRO, Ricardo; GONÇALVES, Cláudia G. De Oliveira. **Exposição ocupacional ao ruído e acidentes de trabalho**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 22, n. 10, p. 2125-2130, out. 2006.

DEUS, Maria José de; DUARTE, Maria de Fátima da Silva. **Nível de pressão sonora em academias de ginástica e a percepção auditiva dos professores**. Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde, São Paulo, v. 2, n. 2, 1997.

DOBB, Maurice. **A Evolução do Capitalismo**. São Paulo: Abril, 1983. 288 p.

FERNANDES, J. C. **Higiene do Trabalho – Acústica e Ruídos**. Apostila do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Bauru, Bauru, São Paulo, 2002.

GERGES, Samir N. Y. **Ruído: Fundamentos e Controle**. Primeira. ed. Florianópolis: [s. n.], 1992.

GRANDJEAN, Etienne. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

HANS, Ramon Fernando. **Avaliação de Ruído em Escolas**. Novo Hamburgo, 15 jan. 2001.

IBGE, **Censo Demográfico 2010**

JACOB, Stanley W.; FRANCONI, Clarice A.; LOSSOW, Walter J. **Anatomia e fisiologia humana**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1990.

LACERDA, ADRIANA BENDER MOREIRA *et al.* Ambiente Urbano e Percepção da Poluição Sonora. **Ambiente & Sociedade**, Paraná, v. 3, n. 2, 2005.

LACERDA, Adriana B. M.; GONÇALVES, Cláudia G. De O.; ZOCOLI, Maria F.; DIAZ, Carolina; PAULA, Karla de. **Hábitos auditivos e comportamento de adolescentes diante das atividades de lazer ruidosas**. Revista CEFAC, São Paulo, v. 13, n. 3, mar./abr. 2011.

LACERDA, Adriana B. M.; MORATA, Thaís C.; FIORINI, Ana C. **Caracterização dos níveis de pressão sonora em academias de ginástica e queixas apresentadas por seus professores**. Revista Brasileira de Otorrinolaringologia, São Paulo, v.67, n.5, p. 656-659, 2001.

MEDEIROS, Luana Bernardines. **Ruído: efeitos extra-auditivos no corpo humano**. 1999. Monografia (Especialização em Audiologia Clínica) – Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica, Porto Alegre, 1999. Disponível em: . Acesso em: 30 jan. 2022.

NAGEM, Míriam Pompeu. **Mapeamento e análise do ruído ambiental: diretrizes e metodologia**. Orientador: Profª. Dra. Stelamaris Rolla Bertoli. 2004. 119 p. Dissertação de mestrado (Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Résumé D'orientation Des Directives De Poms Relatives Au Bruit Dans L'environnemental**. 2003.



PALMA, Alexandre; MATTOS, Ubirajara A. de; ALMEIDA, Marcelo N. de; OLIVEIRA, Giselle E. M. C. de. **Nível de ruído no ambiente de trabalho do professor de educação física 50 em aulas de ciclismo indoor**. Revista Saúde Pública, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 345-351, abr., 2009. Disponível em: . Acesso em: 30 jan. 2022.

RIBEIRO FILHO, Leonídio F. **Técnicas de segurança do trabalho**. São Paulo: C.U.C. Editora, 1974.

RIOS, Ana Lúcia. **Efeito tardio do ruído na audição e na qualidade do sono em indivíduos expostos a níveis elevados**. 2003. 194f. Dissertação de Mestrado (Pós- Graduação em Biociências Aplicadas à Clínica Médica) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2003.

RUI, Laura Rita; STEFANNI, Maria Helena. **Física: Som e Audição Humana**. Novo Hamburgo, 15 jan. 2001.

SILVA, Paulo S. B. da; FERRERA, Carlos E. S.; CAVALCANTE, Márcio Maciel; GARAVELLI, Sérgio Luiz. **Nível de ruído sonoro em aulas de ciclismo indoor em academias do distrito federal**. Educação Física em Revista, Brasília, v. 3, n. 3, 2009.

SILVA, Renato A. Sousa da; OLIVEIRA, Hildeamo Bonifácio. **Prevenção de lesões no ciclismo indoor – uma proposta metodológica**. Revista Brasileira Ciência e Movimento, Brasília, v. 10, n. 4, pág. 07-18, 2002.

SOUZA, Daniel Faganello de. **Perfil dos instrutores de musculação: um estudo sobre as estratégias utilizadas na formação profissional**. 2011. 59f. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado em Educação Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

SOUZA, Fernando Pimentel. **Efeito do ruído no homem dormindo e acordado**. Revista acústica e vibrações, Santa Maria, v.1, n.25, p.12-15, 2000.



**ANEXO I - CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO**



**LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO**



**CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO**  
Nº 22867/21

PV Nº VTX-659311

**SOLICITANTE:** LUCAS DRUMMOND  
**ENDEREÇO:** [REDACTED]

1- Instrumento	Decibelímetro Digital	TAG / Identificação	
Fabricante	Miriga	Faixa de Medição	30 a 130 dB
Modelo	M5L-1355B	Resolução	0,1 dB
Série	2583505		

**2- Método de Calibração:**

Os resultados obtidos que estão contidos nas tabelas, são dados resultantes de comparação direta entre o gerador de nível sonoro e o instrumento em calibração. Foram realizadas três leituras em cada ponto de calibração antes e após ajuste e obtida a média aritmética (V.). O erro encontrado é a diferença entre (V.) e o valor de referência (V.V.C). Baseado em nossa instrução de calibração: Decibelímetro e Dosímetro, REV.02.

3- Temperatura durante a calibração: 20,0 ± 0,5°C

4- Local da Calibração: TecnoCalibração Serviços Ltda  
Rua Doutor Miranda de Azevedo, 703 - Porepêia - São Paulo - SP - CEP. 06027-000

**5- Padrões Utilizados**

- Calibrador de Nível Sonoro, neste nº TEC-075, certificado 96952 de 01/02/2018 calibrado por Chrompack (RBC nº 256), válido até 10/2022.

**6- Resultados da Calibração**

Faixa de Medição (dB)	V.V.C (dB)	Valor indicado no Instrumento		Erro (dB)	Incerteza (dB)
		Antes do Ajuste	Após o Ajuste		
90 - 120	94,0	97,0	94,2	0,2	0,1
120 - 130	114,0	116,1	113,6	-0,4	0,1

**7- Incerteza de Medição:**

Vide Tabela

A incerteza expandida de medição refere-se à declaração sobre a incerteza padrão de medição multiplicada por um fator de abrangência k=2,00, a qual para um distribuição t com infinitos graus de liberdade estatística corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-402.

Data da Calibração: 22/11/2021  
Data de Emissão: 22/11/2021

Marlene Neves de Mendonça  
Técnico Responsável

**Notas:**

- 1- Este certificado está de acordo com os termos do "Vocabulário Internacional de Metrologia" (VIM), em sua última revisão.
- 2- Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração nas condições especificadas, não sendo aderente a quaisquer itens.
- 3- A validade total ou parcial deste certificado depende exclusivamente da aprovação por escrito da TECNOCALIBRAÇÃO.
- 4- Técnica Responsável: Marlene Neves de Mendonça
- 5- Planilha: Decibelímetro RBC02 de 21/02/2014

