

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA - CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA DE GRUPOS GERADORES DE UMA  
INDÚSTRIA DE CALÇADOS

por

Arthur Cachapuz Silva Raabe

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, setembro de 2022

Arthur Cachapuz Silva Raabe

AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA DE GRUPOS GERADORES DE UMA  
INDÚSTRIA DE CALÇADOS

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS  
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
**ENGENHEIRO MECÂNICO**  
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Cirilo Seppi Bresolin  
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Mecânica dos Sólidos

Orientadora: Letícia Fleck Fadel Miguel

Comissão de Avaliação:

Prof<sup>a</sup>. Letícia Fleck Fadel Miguel

Prof. Edson Hikaro Aseka

Prof. Walter Jesus Paucar Casas

Porto Alegre, setembro de 2022

## DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO

### CIP - Catalogação na Publicação

Raabe, Arthur Cachapuz Silva  
Avaliação do nível de pressão sonora de grupos geradores de uma indústria de calçados / Arthur Cachapuz Silva Raabe. -- 2022.  
19 f.  
Orientadora: Leticia Fleck Fadel Miguel.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Curso de Engenharia Mecânica, Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Nível de pressão sonora. 2. Som. 3. Ruído. 4. NBR 10151. 5. Grupos geradores. I. Miguel, Leticia Fleck Fadel, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Marco e Ana, por serem modelos em minha vida, pelo incentivo e pelo amor incondicional. Este trabalho é a prova de que os esforços pela minha educação valeram a pena. Agradeço também ao meu irmão Victor, pelo companheirismo e por me incentivar a buscar meus objetivos.

À minha namorada, Adriana, pela confiança, carinho e suporte durante toda esta caminhada. Por estar sempre ao meu lado, durante os bons e maus momentos, me dando força e incentivando a ser a minha melhor versão.

À professora Letícia F. F. Miguel, pelos conselhos fornecidos e pela disponibilidade para orientação deste trabalho.

Aos amigos de infância e aos que fiz ao longo da jornada universitária, agradeço por todos os momentos únicos proporcionados e por tornar a caminhada mais leve e prazerosa.

**RAABE, ARTHUR. Avaliação do nível de pressão sonora de grupos geradores de uma indústria de calçados.** 2022. 19. Monografia de Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

## RESUMO

A exposição a níveis excessivos de ruído pode causar sérios danos à saúde das pessoas e relevante impacto no meio ambiente. Por isso, a avaliação e o controle dos níveis de ruídos emitidos se fazem necessários. Desta forma, o presente trabalho tem objetivo de verificar o nível de pressão sonora e o ruído causado por grupos geradores de uma empresa calçadista localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul. Foi realizada uma análise do local no entorno das fontes sonoras e selecionados 6 pontos para medições com o auxílio de um sonômetro. As medições foram feitas com e sem o acionamento das máquinas, para possibilitar o cálculo dos níveis de pressão sonora específicos dos grupos geradores a partir de equação fornecida pela norma NBR 10151. A partir da utilização desta norma, que estabelece parâmetros e procedimentos para medição e avaliação do nível de pressão sonora em áreas habitadas, comparou-se os dados medidos com os limites definidos por ela. Dentre os 6 pontos de medição selecionados, apenas para o Ponto 1, mais próximo da fonte sonora, foi obtido um nível de pressão sonora específico acima do limite normativo para o período diurno, de 65 dB(A), apresentando valor de 78,2 dB(A). Nos outros 5 pontos de medição foram obtidos valores de nível de pressão sonora específico da fonte sonora entre 56,2 dB(A) e 64,2 dB(A), que estão em conformidade com o limite definido pela NBR 10151.

**PALAVRAS-CHAVE:** ruído, grupos geradores, nível de pressão sonora, NBR 10151.

RAABE, ARTHUR. **Evaluation of the sound pressure level of generator sets in a footwear industry**. 2022. 19. Mechanical Engineering End of Course Monography – Mechanical Engineering degree, The Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

## ABSTRACT

Exposure to excessive noise levels can cause serious damage to people's health and a significant impact on the environment. Therefore, the evaluation and control of the noise levels emitted are necessary. Thus, the present work aims to verify the sound pressure level and noise caused by generator sets of a footwear company located in the metropolitan region of Porto Alegre, in Rio Grande do Sul. An analysis of the site around the sound sources was performed and 6 points were selected for measurements with the aid of a sonometer. Measurements were made with and without the activation of the machines, to enable the calculation of the specific sound pressure levels of the generator sets from equation provided by the NBR 10151 standard. From the use of this standard, which establishes parameters and procedures for measuring and evaluating the level of sound pressure in inhabited areas, the data measured with the limits established in it were compared. Among the 6 measurement points selected, only for Point 1, closest to the sound source, the specific sound pressure level obtained was 78,2 dB(A), above the normative diurnal limit of 65 dB(A). In the other 5 measurement points, the values obtained were between 56,2 dB(A) and 64,2 dB(A), in accordance with the normative criteria.

**KEYWORDS:** noise, generator sets, sound pressure level, NBR 10151.

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolos</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unidade</b>
dB	Decibel	
dB(A)	Decibel com ponderação A	
$L_p$	Nível de pressão sonora	dB
$p_1$	Pressão sonora medida	N/m <sup>2</sup>
$p_0$	Pressão sonora de referência, com valor $2 \times 10^{-5} Pa$	N/m <sup>2</sup>
T	Tempo de medição	s
t	Tempo de integração	s
$L_{eq}$	Nível de pressão sonora equivalente	dB
$L_{aeq}$	Nível de pressão sonora equivalente em A	dB(A)
$L_{esp}$	Nível de pressão sonora específico	dB(A)
$L_{tot}$	Nível de pressão sonora total	dB(A)
$L_{res}$	Nível de pressão sonora residual	dB(A)
<b>Abreviaturas</b>	<b>Descrição</b>	
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas	
NBR	Norma Brasileira	
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente	
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>	
NPS	Nível de pressão sonora	

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	OBJETIVOS.....	1
2.1	Objetivos gerais .....	1
2.2	Objetivos específicos .....	1
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	2
4.1	Som e ruído.....	2
4.2	Propagação sonora .....	3
4.3	Nível de pressão sonora .....	3
4.4	Nível de pressão sonora equivalente.....	3
4.5	Norma para avaliação de ruído em áreas habitadas .....	4
4.6	Controle de ruídos.....	4
5	ESTUDO DE CASO .....	5
5.1	Metodologia.....	5
5.2	Área de estudo .....	6
5.3	Fontes sonoras.....	7
5.4	Ensaios .....	8
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	9
6.1	Dados das medições.....	9
6.2	Nível de pressão sonora específico dos grupos geradores .....	13
6.3	Comparação com limites estabelecidos pela NBR 10151 .....	14
7	CONCLUSÕES.....	15
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	16
	ANEXO A .....	17



## **1 INTRODUÇÃO**

O crescimento das cidades, atrelado à falta de planejamento urbano, colabora para o agravamento de múltiplos problemas ambientais, ameaçando assim a saúde da população e causando prejuízos ao meio ambiente. Um dos principais e mais relevantes problemas ambientais é a poluição sonora, que pode ser definida como os ruídos em excesso que são capazes de causar danos tanto à saúde física como mental das pessoas, além de grande impacto ambiental. Tais ruídos geralmente são causados por fontes como indústrias, tráfego automobilístico, obras de construção civil, dentre outras.

Calixto (2002) define ruído como os sons que, ao serem emitidos por uma ou mais fontes, possuem caráter não harmônico, sendo assim desagradáveis para os ouvintes. Os ruídos industriais, que geralmente são provenientes do funcionamento de máquinas e equipamentos, muitas vezes estão acima do limite tolerável, podendo ser prejudiciais para a qualidade de vida dos colaboradores e de comunidades próximas.

Conforme a Resolução N. 001 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), de 9 de março de 1990, são considerados prejudiciais à saúde e ao sossego público os ruídos com níveis superiores aos definidos pela norma NBR 10151. Logo, é imprescindível o controle, avaliação e adequação dos ruídos pelas empresas, visto que o assunto está diretamente associado a questões ambientais e à saúde da população. Torna-se, portanto, relevante a discussão acerca de soluções acústicas para mitigação dos ruídos quando há necessidade.

Nesse contexto, o presente estudo visa realizar um estudo de caso em uma empresa de calçados localizada na Região Metropolitana de Porto Alegre, no centro de uma cidade, próxima de comércios, vias públicas e residências. A empresa possui 6 grupos geradores posicionados dentro de uma de suas instalações, acionados esporadicamente quando há necessidade. O principal motivo de acionamento é a falta parcial ou total de energia. Já foram recebidas reclamações de moradores da região devido ao ruído das máquinas, outro importante motivador para a realização do estudo. Logo, a partir das análises e medições realizadas, é possibilitada a verificação dos níveis de ruído no local e a conformidade perante a norma aplicável.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos gerais**

O objetivo do trabalho é analisar o nível de pressão sonora proveniente de grupos geradores em uma empresa do ramo calçadista, avaliando de forma prática o ruído causado pelas máquinas. A partir dos procedimentos para realização de medições estabelecidos na norma ABNT NBR 10151:2019 – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas, os níveis de pressão sonora medidos serão posteriormente comparados aos limites definidos pela norma.

### **2.2 Objetivos específicos**

Pretende-se determinar, a partir da utilização de um sonômetro integrador que atenda aos critérios da NBR 10151, o nível de pressão sonora em 6 pontos diferentes no entorno da empresa. Com medições do ruído de fundo e do ruído total, será identificada a contribuição do ruído dos grupos geradores em cada ponto de medição.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em trabalho realizado para conclusão do curso de Engenharia Mecânica, Menoni (2021) realizou um mapeamento sonoro e avaliação do ruído urbano no entorno do prédio do curso de arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. No estudo foram realizadas medições do nível de pressão sonora equivalente com a utilização de um sonômetro, posteriormente comparados com resultados de uma simulação no *software* CadnaA. Como resultado, foi apresentada a diferença de 3,7 dB(A) entre as medições e a simulação em um dos pontos de medição, estando dentro dos limites estabelecidos pelas diretrizes, e o máximo nível de pressão sonora equivalente encontrado nas fachadas do prédio foi de 70 dB(A), proveniente de ruído urbano.

Bratti (2014), em monografia realizada para pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho avaliou o ruído ambiental em uma empresa de Jacinto Machado, em Santa Catarina. A partir de uma revisão bibliográfica, da definição dos pontos de medição baseado em um diagnóstico da área de influência e da medição de ruído a partir do estabelecimento de uma metodologia aplicável, foi feita uma análise de ruído ambiental. Com a utilização da norma NBR 10151, os resultados obtidos foram comparados com os limites e definições presentes na norma. Três dos quatro pontos medidos tiveram resultados superiores à norma e foram propostas medidas para controle ambiental como a instalação de atenuadores de ruídos nos motores e instalação de uma cerca viva no entorno do empreendimento.

Relacionado especificamente a estudos que objetivam minimização de ruído de grupos geradores, Lemos (2009) efetuou uma análise do comportamento acústico de tais equipamentos. Com a realização de análises com diferentes configurações de atenuação de ruído, sendo elas a atenuação por barreira e a atenuação por absorção, o trabalho objetiva a redução de ruído e de custo das máquinas e a melhoria do aproveitamento da área utilizada. Como resultado, foi evidenciada a oportunidade de redução de ruído em cerca de 1 dB. Com a retirada da veneziana de aspiração, uma das ações tomadas, foi possibilitada a redução dos custos de fabricação e a redução do peso em aproximadamente 140 kg. Também foi proposto um protótipo que possivelmente pode servir como referência para outros modelos de grupos geradores similares.

### 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 4.1 Som e ruído

Bistafa (2011) define o som como vibrações das partículas do ar, fenômeno que se propaga por meio de estruturas vibrantes. Complementando, Gerges (2000) caracteriza o som por flutuações de pressão em um meio compressível, com amplitudes e frequências dentro de uma faixa de valores específica. Conforme Saliba (2016), para que uma vibração seja considerada sonora é necessário que sua frequência esteja dentro de uma faixa denominada faixa audível e que a variação de pressão esteja acima do valor mínimo para atingir o limiar da audição, que é de  $2 \times 10^{-5}$  Pa. São contempladas na faixa audível, conjunto de vibrações capazes de ser ouvidas, as frequências entre 16 Hz e 20000 Hz.

Ruído, por outro lado, é caracterizado por ser, na maioria das vezes, um som ou conjunto de sons indesejados que podem gerar algum desconforto aos ouvintes. Ao se pensar no ponto de vista físico, visto que ambos possuem valores de pressão e frequência dentro da faixa audível, não há diferença entre som e ruído. De forma subjetiva, entretanto, pode-se definir ruído pela parcela dos sons que é desagradável aos receptores. Bistafa (2011) ressalta que ruídos em níveis suficientemente elevados podem causar efeitos fisiológicos e psicológicos prejudiciais à saúde dos ouvintes, variando desde o aumento do estresse e perturbação do sono até a perda total ou parcial da audição em alguns casos.

## 4.2 Propagação sonora

Da Costa (2003) afirma que a propagação sonora acontece pela vibração elástica dos meios ou corpos, sendo eles líquidos, sólidos ou aeriformes. Tal propagação, a princípio, acontece em forma de ondas esféricas, a partir de uma fonte pontual e tem sua velocidade de transmissão dependente das características da onda no meio em que está propagando.

São estabelecidos 3 principais componentes da propagação sonora ao ar livre: a fonte sonora, o receptor e a trajetória de transmissão. Ao longo da trajetória de propagação, o nível sonoro pode ser impactado por diferentes fatores como, por exemplo, a distância entre a fonte e o receptor e a presença de gradientes de temperatura e de vento. De acordo com o aumento da distância entre a fonte e o receptor, há uma diminuição na energia sonora transmitida, ou seja, menor a amplitude da onda esférica. Além da perda de energia através da reflexão no solo e pela absorção sonora do ar atmosférico, outras situações atenuam a energia durante a propagação de tais ondas, como a presença de obstáculos ou barreiras ao longo da trajetória de propagação e não uniformidades do meio. Importante ressaltar que tais barreiras sonoras podem ser colocadas propositalmente objetivando o conforto acústico de determinado ambiente.

## 4.3 Nível de pressão sonora

Bistafa (2011) afirma que a pressão sonora é o estímulo físico que se correlaciona com a sensação de som da forma mais eficaz. Usa-se, portanto, o nível de pressão sonora para representação da sensação subjetiva da intensidade de um som. Tal descritor  $L_p$  é medido em unidades de decibel [dB] a partir da Equação

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{p_1^2}{p_0^2} \quad (4.1)$$

onde  $p_1$  é a pressão sonora medida em  $[N/m^2]$  e  $p_0$  é a pressão sonora de referência, também medida em  $[N/m^2]$ . A pressão sonora de referência, que corresponde ao mínimo de pressão audível na frequência de 1000 Hz, tem valor igual a  $2 \times 10^{-5}$ .

## 4.4 Nível de pressão sonora equivalente

O nível de pressão sonora equivalente ( $L_{eq}$ ) é um parâmetro que objetiva definir um valor constante de pressão sonora equivalente às oscilações as quais o receptor está exposto durante o tempo de avaliação. Representa, portanto, a média da energia sonora durante o tempo de observação. Bistafa (2011) aponta que tal parâmetro é questionável quando são presentes perturbações causadas por ruídos impulsivos de curta duração, visto que a energia dos picos impulsivos seria diluída nos registros ao se calcular o nível médio temporal. Entretanto, para avaliação de ruídos estacionários o nível equivalente tem sido bem aceito, sendo utilizado por diversas normas e legislações. O nível de pressão sonora equivalente em [dB(A)], é definido como

$$L_{eq} = 10 * \log_{10} \left( \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p(t)^2}{p_0^2} dt \right) \quad (4.2)$$

onde T é o tempo de medição.

#### **4.5 Norma para avaliação de ruído em áreas habitadas**

A norma NBR 10151 estabelece os parâmetros para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas, buscando o conforto acústico da comunidade. Conforme seu escopo, é estabelecido o procedimento para avaliação de som total, específico e residual e são definidos os limites de nível de pressão sonora para ambientes externos às edificações, em locais com ocupação humana, de acordo com a finalidade, e os requisitos para avaliação em ambientes internos.

Em sua estrutura, a norma determina, primeiramente, os equipamentos necessários para a avaliação do nível sonoro. O sonômetro integrador, principal componente de aferição, deve estar de acordo com os critérios da IEC 61672, norma que apresenta as especificações necessárias para os medidores de nível de som para a classe 1 ou classe 2. Também são designados os requisitos para o calibrador de nível sonoro, que deve atender à IEC 60942 para a classe 1, e para o microfone, que deve atender aos critérios da IEC 61672-1. A NBR 10151 também expõe o procedimento de calibração necessário para validação das medições feitas. É imprescindível que o sonômetro seja calibrado, com o calibrador acoplado ao microfone, imediatamente antes de cada série de medições.

Quanto ao procedimento de medição, são apresentados os descritores de níveis sonoros, utilizados de acordo com as características do som no ambiente a ser avaliado, e os requisitos necessários para a realização de aferições. Em relação às medições em locais externos, ressalta-se que não se podem realizar medições durante precipitações pluviométricas, ventos fortes ou trovoadas e a temperatura e umidade devem estar de acordo com as condições de operação dos instrumentos utilizados. Deve-se selecionar pontos de medição em áreas vizinhas ao local da fonte sonora objeto de estudo, além de, preferencialmente, utilizar áreas e vias públicas. O sonômetro deve ser posicionado, durante medições em locais externos, entre 1,2 e 1,5 metros do solo, e distante no mínimo 2 metros de paredes, muros e outros objetos que possam refletir ondas sonoras. O tempo de medição em cada ponto precisa permitir a caracterização sonora do objeto de medição, possibilitando a verificação das variações sonoras no ambiente. Também é necessário estabelecer os períodos de avaliação, sendo noturno ou diurno, para posterior comparação com os limites estabelecidos pela norma.

São apresentadas duas metodologias de medição, sendo a simplificada referente à medição do nível de pressão sonora global para caracterização de sons contínuos ou intermitentes, e a detalhada referente à avaliação do nível de pressão sonora global e espectral para caracterização de sons contínuos, intermitentes, impulsivos e tonais. O procedimento de avaliação sonora é descrito com conteúdo relativo à determinação de parâmetros como o nível de pressão sonora total e residual e a caracterização de sons impulsivos e tonais. A norma NBR 10151, apresenta, posteriormente, os métodos para avaliação sonora em ambientes externos e internos, com os respectivos limites de nível de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período de medição.

#### **4.6 Controle de ruídos**

Conforme Da Costa (2003), existem algumas técnicas para redução de sons e ruídos excessivos ou indesejáveis, de acordo com o local em que elas são aplicadas. Algumas das técnicas são a redução de ruídos na fonte, a redução sonora no ambiente onde a fonte se situa e a redução dos ruídos entre o ambiente fechado em que eles são produzidos e o exterior. Em relação ao controle de ruídos na fonte sonora, o método consiste em introduzir modificações que alteram o processo de geração de ruído da máquina ou equipamento em questão. Logo, é imprescindível o entendimento de como o som é produzido. No caso de máquinas, geralmente

o ruído está associado às vibrações ocasionadas pelos movimentos periódicos delas, podendo ser reduzido a partir da diminuição da amplitude dessas vibrações.

Bistafa (2011) afirma que a redução de ruído na fonte é o método mais eficaz, entretanto, nem sempre é possível a realização da troca da fonte sonora por uma mais silenciosa. Logo, medidas como enclausuramento da fonte, barreiras acústicas e silenciadores tornam-se alternativas consideráveis. Os mecanismos de barreira são amplamente utilizados para bloqueio do receptor em relação às ondas sonoras emitidas pela fonte. A atenuação por essa metodologia objetiva provocar a difração das ondas sonoras, possibilitando, portanto, que o nível de pressão sonora seja menor no receptor. Em relação à utilização de silenciadores, tais equipamentos são projetados para promover a absorção da energia sonora que se propaga nos fluidos. Sua aplicação pode ser observada em sistemas de condicionamento de ar, bombas e compressores, por exemplo.

## 5 ESTUDO DE CASO

O escopo do trabalho é realizar a análise do nível de pressão sonora proveniente de grupos geradores de uma empresa localizada no centro de um município no Rio Grande do Sul, a partir da metodologia descrita na norma NBR 10151.

### 5.1 Metodologia

O estudo se divide em 5 etapas, conforme a Figura 5.1.

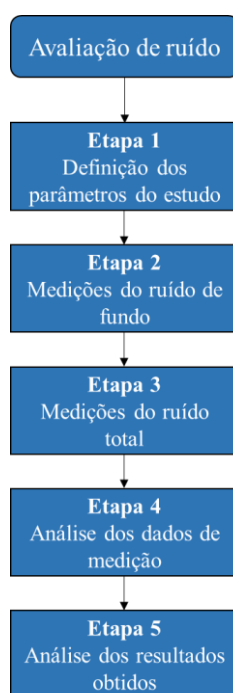


Figura 5.1 – Fluxograma com etapas do estudo.

As etapas podem ser descritas da seguinte forma:

- Etapa 1 - Definição dos parâmetros do estudo: identificação e determinação dos pontos onde serão feitas as medições, além de definição da instrumentação utilizada e da metodologia de medição.
- Etapa 2 - Medições acústicas do ruído de fundo: medição do nível de pressão sonora equivalente nos pontos estabelecidos a partir da utilização de um sonômetro e das metodologias descritas na NBR 10151, com os grupos geradores desligados.

- Etapa 3 – Medições acústicas do ruído total: medição do nível de pressão sonora total, com os grupos geradores acionados, nos pontos estabelecidos utilizando um sonômetro e as metodologias descritas na NBR 10151.
- Etapa 4 - Análise dos dados de medição: Tratamento e análise dos dados obtidos nas etapas de medições.
- Etapa 5 - Análise dos resultados: Análise dos resultados obtidos nas medições, comparando com os limites normativos.

## 5.2 Área de estudo

A indústria fica localizada na área central de uma cidade da Região Metropolitana de Porto Alegre, próxima de algumas importantes vias públicas do município. Por consequência, há trânsito moderado de veículos durante algumas horas do dia. Foram selecionados 6 pontos para medição do nível de pressão sonora, de modo a avaliar o impacto gerado pelos ruídos provenientes das fontes sonoras (grupos geradores) nas áreas habitadas próximas. A Figura 5.2 apresenta os locais de medição e a posição das fontes sonoras destacada com um quadrilátero vermelho.



Figura 5.2 – Localização da empresa, das fontes sonoras e dos pontos de medição.

Descreve-se detalhadamente as informações de cada ponto de medição abaixo:

- Ponto 1 (P1): Aproximadamente 10 metros da fonte sonora, medição em calçada de uma via pública. No outro lado da via encontram-se instalações da mesma empresa.
- Ponto 2 (P2): Aproximadamente 105 metros da fonte sonora, medição em canteiro central de uma via pública, próxima de moradias e comércio local, com tráfego baixo de veículos.
- Ponto 3 (P3): Aproximadamente 145 metros da fonte sonora, aferição em canteiro central da via pública, próxima de uma escola de educação infantil, com tráfego baixo de veículos. Há atenuação do ruído pela presença de instalações de altura elevada da empresa entre a fontes e o local de medição.

- Ponto 4 (P4): Aproximadamente 120 metros dos grupos geradores, medição próxima de uma praça pública e de outras empresas, em esquina com tráfego moderado de veículos.
- Ponto 5 (P5): Aproximadamente 150 metros dos grupos geradores, aferição em esquina com tráfego moderado de veículos, próxima de comércio local e de um posto de combustível.
- Ponto 6 (P6): Aproximadamente 145 metros dos grupos geradores, mensuração em praça pública próxima de moradias e de comércio local, com tráfego moderado de veículos na via próxima.

Os pontos 3, 4 e 6 encontram-se próximos a outra empresa calçadista, localizada na porção superior direita da Figura 5.2. É importante ressaltar que tal empresa não possui fontes sonoras que emitam ruídos significativos que impactariam na medição sonora dos pontos.

### 5.3 Fontes sonoras

Os ensaios realizados no estudo têm como fontes sonoras o conjunto de grupos geradores presentes em uma das instalações da empresa. São 6 grupos geradores que estão posicionados próximos ao estacionamento da empresa, conforme a Figura 5.3, utilizados como fontes auxiliares de energia para suportar emergências como quedas parciais ou totais de energia. Os equipamentos providenciam uma resposta rápida e eficiente para tais situações indesejadas. As máquinas estão instaladas em uma construção simples, com telhado feito de um material metálico, uma grade de metal na seção voltada para o interior da empresa e revestimento de folhas de flandres no restante do contorno. Ressalta-se que existem diversas pequenas aberturas no local, principalmente entre as paredes e o telhado.



Figura 5.3 – Localização dos grupos geradores.

Os grupos geradores do local pertencem às marcas Negrini, Stemac e Transmet, com datas de fabricação variando entre 1986 e 1997. Apesar de serem máquinas antigas, todas funcionam corretamente e passam por testes, calibrações e manutenções para seguir operando regularmente. A Figura 5.4 apresenta um dos grupos geradores da empresa, da marca Negrini.



Figura 5.4 – Grupo gerador da marca Negrini.

## 5.4 Ensaios

Todas as medições do estudo foram feitas de acordo com as definições da NBR 10151, utilizando um sonômetro da marca Criffer modelo Octava Plus, classe 1, em conformidade com a norma IEC 61672. Para calibração foi utilizado um calibrador acústico modelo CR-2, classe 1, pertencente também à marca Criffer, que atende à norma IEC 60942. Também foi utilizado um microfone capacitivo de 1/2 polegada. A Figura 5.5 apresenta o sonômetro utilizado.



Figura 5.5 – Sonômetro Octava Plus, modelo da marca Criffer.

Para garantia da qualidade da aferição e por requisito normativo, o sonômetro foi calibrado antes de cada medição realizada. O calibrador emite um nível de pressão sonora de 114 dB na frequência de 1000 Hz e o sonômetro capta e informa ao usuário o nível de pressão sonora no momento da calibração. A calibração também é necessária ao final de cada série de medições e, caso a diferença entre o valor ajustado e a leitura seja superior a 0,5 dB ou inferior a -0,5 dB, é necessário refazer as medições, descartando os resultados obtidos.

As medições foram realizadas no dia 19/07/2022, no período entre 13h e 17h, em áreas próximas às instalações da empresa, conforme os pontos de medição descritos anteriormente. Como as aferições foram executadas no nível do solo, o sonômetro foi posicionado a 1,2 metros do solo e distante, no mínimo 2 metros, de paredes, veículos ou objetos que possam refletir ondas sonoras, conforme requisito normativo. Ressalta-se, também, que foi utilizado um protetor de vento acoplado ao microfone visto que as medições ocorreram ao ar livre. A Figura 5.6 demonstra a configuração adotada para obtenção dos dados.



Figura 5.6 – Posicionamento do decibelímetro para leitura do nível de pressão sonora no Ponto 4.

Para cada ponto de medição foram realizadas duas medições, sendo a primeira delas com os grupos geradores (fontes sonoras) desligados, para avaliação do ruído de fundo. Com a finalização das medidas nos 6 pontos, os grupos geradores foram acionados e novas medições foram feitas. Para cada uma o sonômetro foi posicionado de forma a atender requisitos normativos e acionado durante aproximadamente 5 minutos, com taxa de aquisição de dados de 1 registro por segundo. Configurou-se o circuito de ponderação “A” que, conforme Saliba (2016), aproxima-se das curvas de igual audibilidade para níveis de pressão sonora baixos.



Determinou-se, a partir das medições, dois importantes parâmetros para definição do NPS específico referente à fonte sonora: o NPS residual, proveniente das aferições realizadas com os grupos geradores desligados, sem contribuição das fontes sonoras específicas do objeto de avaliação, e o NPS total, oriundo das aferições feitas com os grupos geradores acionados. Como não foi possível medir apenas o nível de pressão sonora específico referente à fonte sonora, devido à presença dos ruídos residuais, a norma NBR 10151 fornece uma equação para que tal parâmetro seja calculado a partir dos valores de nível de pressão sonora total e o nível de pressão sonora residual

$$L_{esp} = 10 * \log_{10} \left( 10^{\frac{L_{tot}}{10}} - 10^{\frac{L_{res}}{10}} \right) \quad (5.1)$$

onde  $L_{esp}$  é o nível de pressão sonora específico,  $L_{tot}$  é o nível de pressão sonora total e  $L_{res}$  é o nível residual. Ambos os valores são obtidos a partir das medições com um sonômetro.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Dados das medições

Foram coletados dados dos níveis de pressão sonora em cada um dos 6 pontos amostrais dentro da área de influência dos grupos geradores. A primeira aferição foi realizada sem o acionamento dos grupos geradores, para avaliação do ruído de fundo em cada um dos pontos, e a segunda com os equipamentos operando normalmente.

Os valores apresentados nas Tabelas 6.1 e 6.2 mostram os níveis de pressão sonora equivalentes ( $L_{Aeq}$ ), além de outros fatores, para as medições sem o acionamento dos grupos geradores e com os equipamentos acionados, respectivamente. É importante ressaltar que durante as medições foram identificados picos intrusivos, geralmente provenientes da passagem de veículos pesados, que impactaram a aferição de dados durante alguns segundos. Tais inconsistências foram removidas durante a tratativa dos dados com a finalidade de refinar os dados aferidos e melhor representar os ruídos nos locais. Logo, os dados obtidos com a utilização do sonômetro, de nível de pressão sonora em cada um dos pontos para cada segundo durante as medições, foram tratados com a utilização do *software* Microsoft Excel® para cálculo dos níveis equivalentes e realização de análises.

Tabela 6.1: Resultados dos níveis de pressão sonora equivalentes sem o acionamento dos grupos geradores.

Ponto de medição	Hora Início	Hora Fim	Laeq dB(A)
Ponto 1 (P1)	13:46:15	13:51:38	60,9
Ponto 2 (P2)	13:55:46	14:01:21	58,2
Ponto 3 (P3)	14:23:01	14:28:13	56,2
Ponto 4 (P4)	14:11:28	14:17:07	64,2
Ponto 5 (P5)	14:33:54	14:39:30	62,0
Ponto 6 (P6)	14:46:30	14:52:00	62,4

Tabela 6.2: Resultados dos níveis de pressão sonora equivalentes com o acionamento dos grupos geradores.

Ponto de medição	Hora Início	Hora Fim	Laeq dB(A)
Ponto 1 (P1)	16:38:03	16:43:13	78,2
Ponto 2 (P2)	15:54:13	15:59:28	64,3
Ponto 3 (P3)	16:03:00	16:08:15	58,4
Ponto 4 (P4)	16:13:02	16:18:17	65,0
Ponto 5 (P5)	16:21:20	16:26:50	64,1
Ponto 6 (P6)	16:29:24	16:34:39	64,7

Observa-se que todas as medições realizadas apenas com o ruído de fundo apresentam valores de nível de pressão sonora equivalente entre 56,2 dB(A) e 64,2 dB(A). As medições com os grupos geradores acionados alcançaram valores mais elevados, entre 58,4 dB(A) e 78,2 dB(A), apresentando o maior resultado de nível equivalente no Ponto 1.

É importante salientar que o nível equivalente é definido como o valor que seria capaz de gerar a mesma quantidade de energia sonora provocada pelos eventos medidos individualmente, caso ocorresse durante todo o intervalo de registro. Para visualização dos picos de pressão sonora durante as medições de ruído, além de verificação da variação do nível de pressão sonora, foram elaborados os gráficos com a variação temporal dos níveis sonoros para cada ponto de medição. As Figuras 6.1 até 6.12 apresentam os dados para cada ponto de medição, com e sem o acionamento dos grupos geradores.

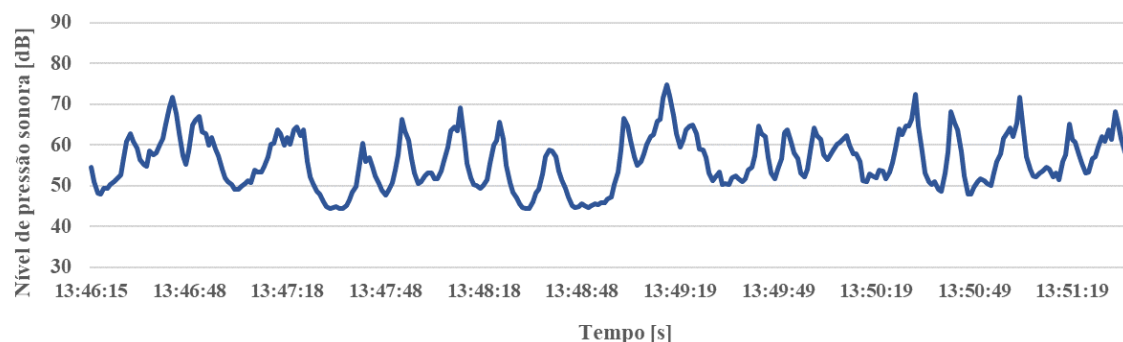


Figura 6.1 – Variação temporal dos níveis sonoros do Ponto 1, sem acionamento dos grupos geradores.

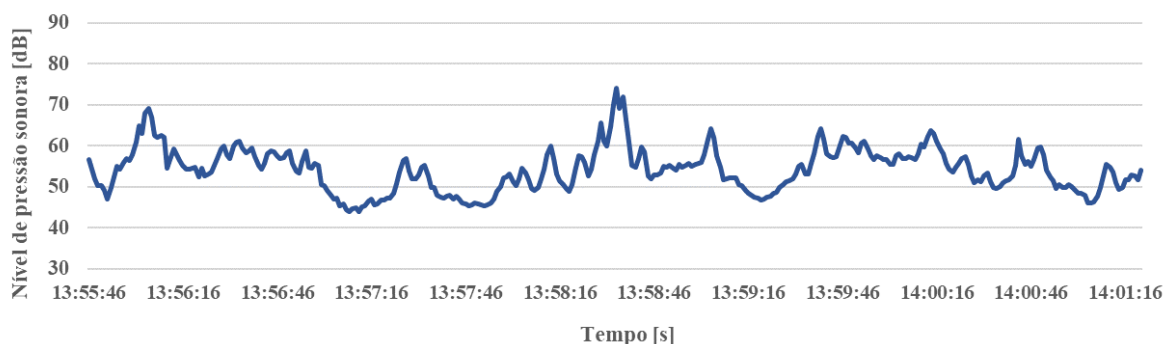


Figura 6.2 – Variação temporal dos níveis sonoros do Ponto 2, sem acionamento dos grupos geradores.

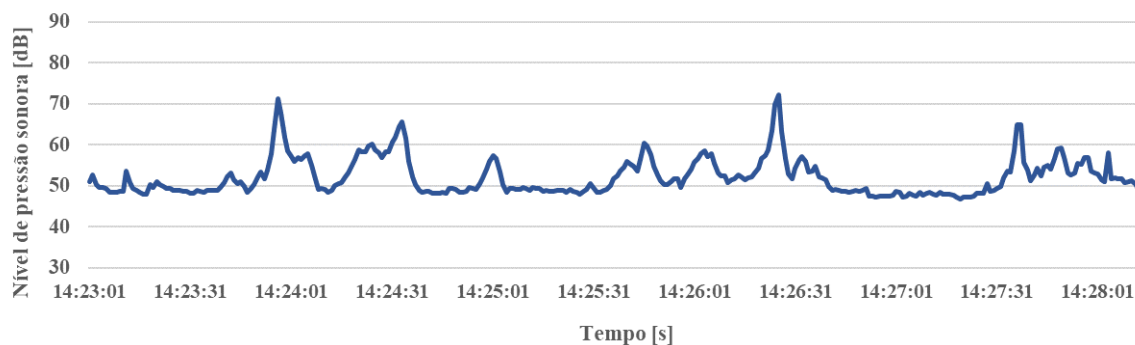


Figura 6.3 – Variação temporal dos níveis sonoros do Ponto 3, sem acionamento dos grupos geradores.

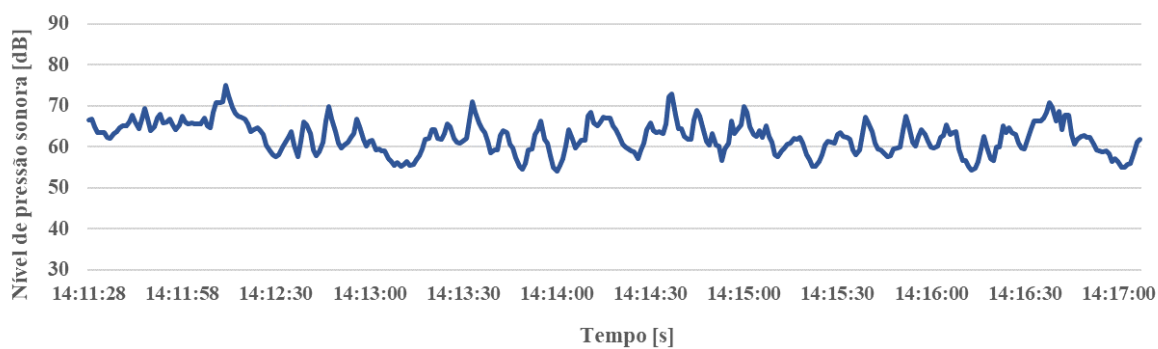


Figura 6.4 – Variação temporal dos níveis sonoros do Ponto 4, sem acionamento dos grupos geradores.

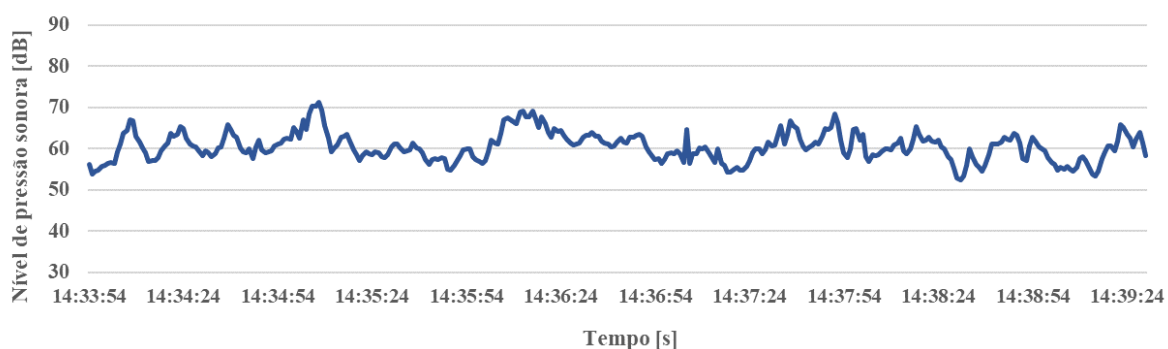


Figura 6.5 – Variação temporal dos níveis sonoros do Ponto 5, sem acionamento dos grupos geradores.

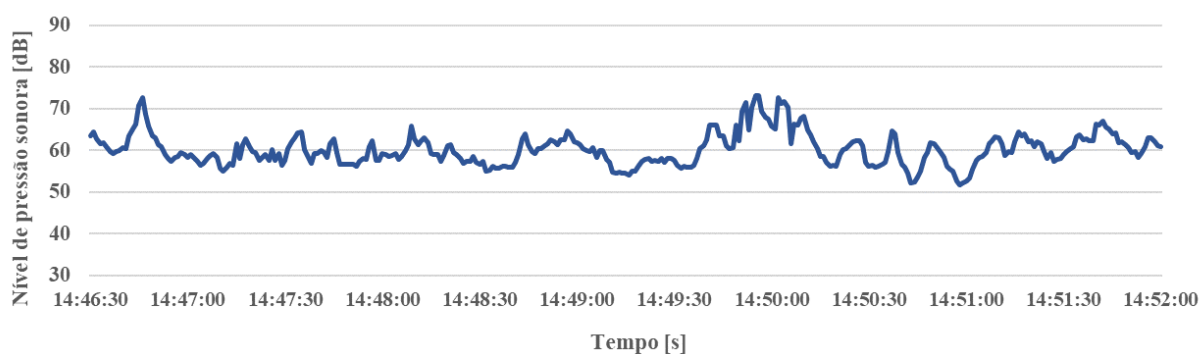


Figura 6.6 – Variação temporal dos níveis sonoros do Ponto 6, sem acionamento dos grupos geradores.

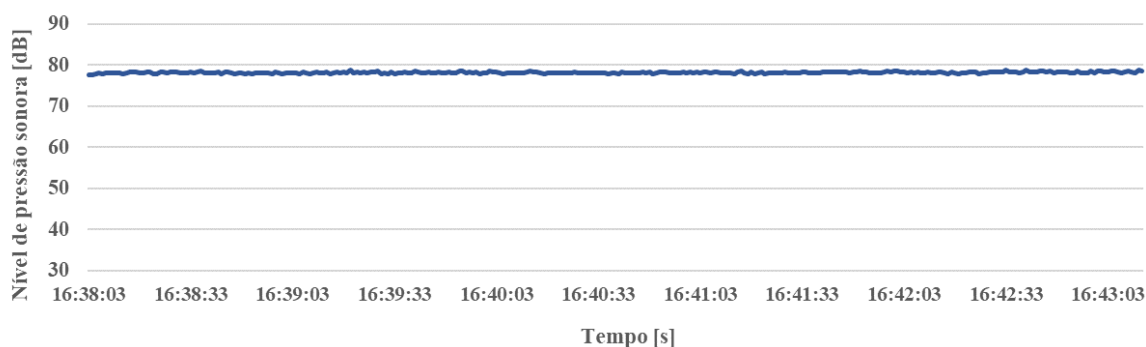


Figura 6.7 – Variação temporal dos níveis sonoros do Ponto 1, com acionamento dos grupos geradores.

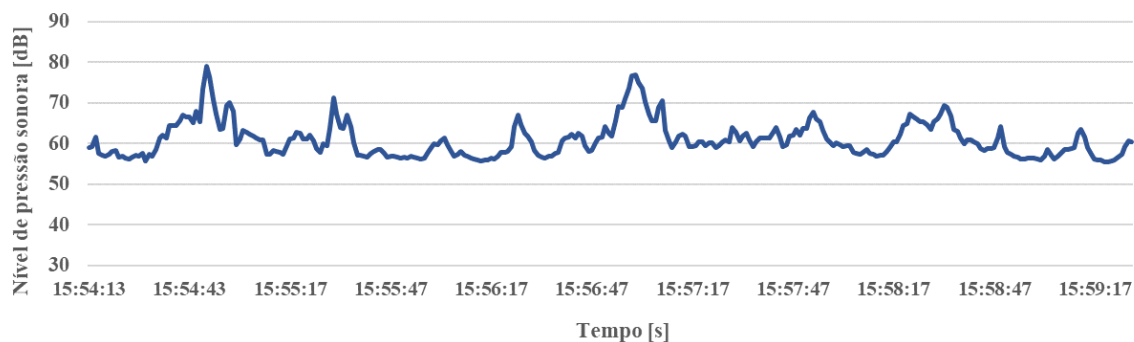


Figura 6.8 – Variação temporal dos níveis sonoros do Ponto 2, com acionamento dos grupos geradores.

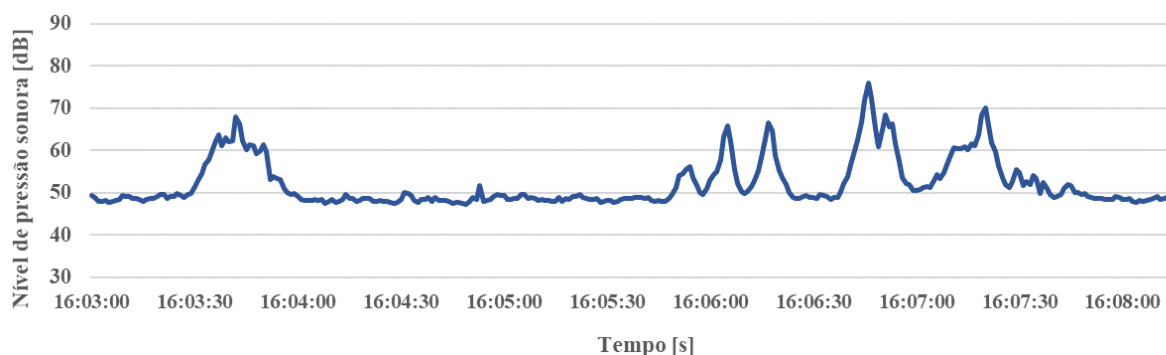


Figura 6.9 – Variação temporal dos níveis sonoros do Ponto 3, com acionamento dos grupos geradores.

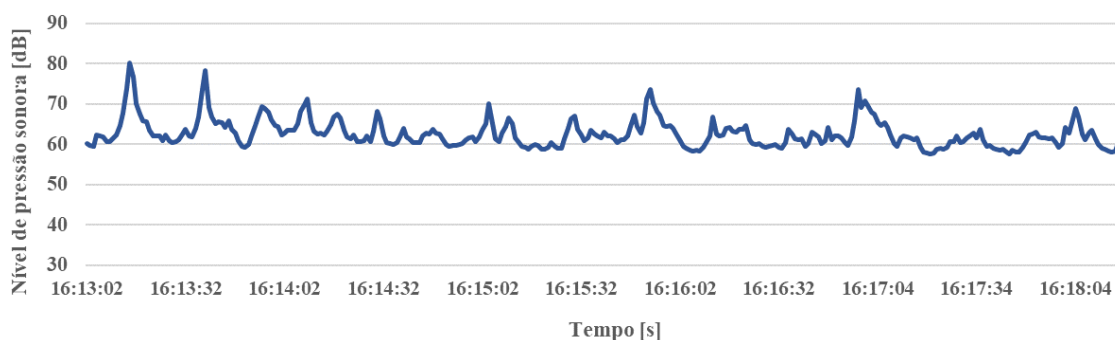


Figura 6.10 – Variação temporal dos níveis sonoros do Ponto 4, com acionamento dos grupos geradores.

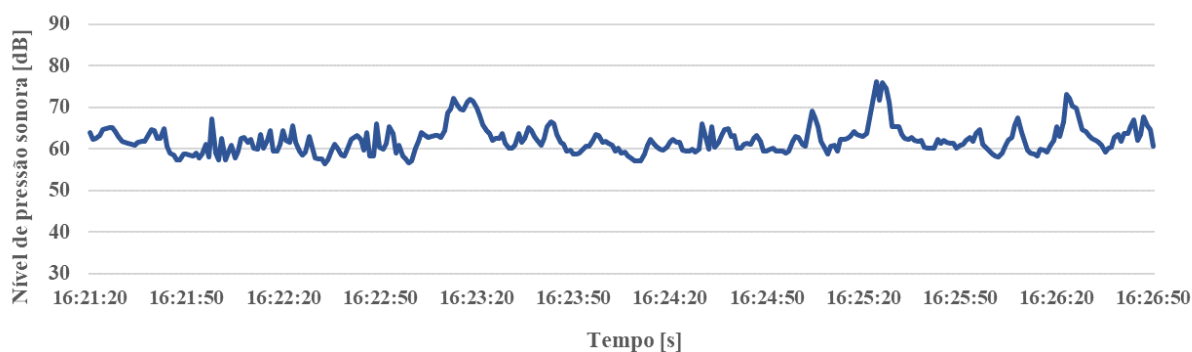


Figura 6.11 – Variação temporal dos níveis sonoros do Ponto 5, com acionamento dos grupos geradores.

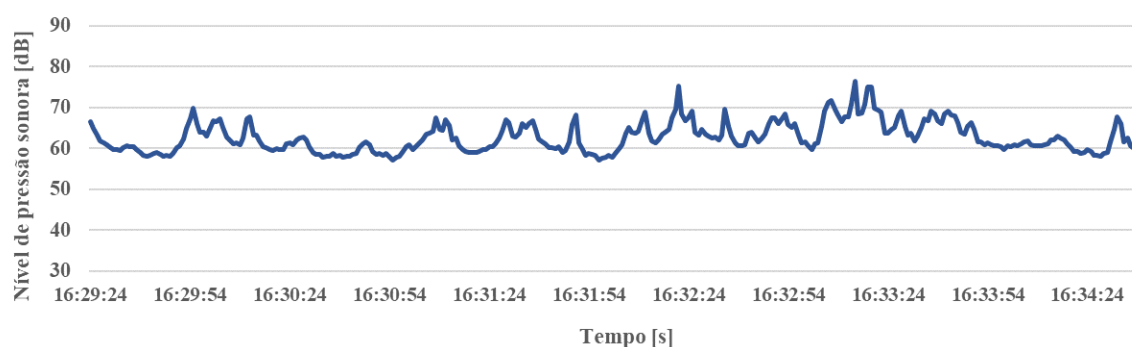


Figura 6.12 – Variação temporal dos níveis sonoros do Ponto 6, com acionamento dos grupos geradores.

As oscilações verificadas durante os períodos de medição demonstram a inconstância do movimento de veículos nas vias próximas aos pontos de medição. Em alguns desses pontos, picos intrusivos foram retirados para melhoria na assertividade dos dados gerados, conforme descrito no item 9.2.1 da NBR 10151, que aponta a necessidade de exclusão de níveis de pressão sonora provenientes de sons intrusivos. Para o Ponto 1, mais próximo da fonte sonora, os resultados do nível de pressão sonora equivalente antes e após a retirada dos sons intrusivos, durante a medição com os grupos geradores desligados, são de 62,6 dB(A) e 60,9 dB(A). Tais ruídos foram gerados em duas ocasiões, primeiramente em uma freada brusca de um veículo automotor e pela passagem de um veículo pesado próximo ao sonômetro. Para o Ponto 5 também foi excluído um som intrusivo, ocasionado pela buzina de um veículo no início das medições, impactando em uma variação nos resultados de nível de pressão sonora equivalente total de 62,7 dB(A) para 62,0 dB(A).

## 6.2 Nível de pressão sonora específico dos grupos geradores

Para a obtenção do nível de pressão sonora específico, referentes aos grupos geradores no caso do presente estudo, utiliza-se a Equação 5.1, que subtrai do som total a influência do som residual, calculando indiretamente o som específico. É importante pontuar que tal equação é usada quando não é possível medir diretamente o som proveniente das fontes sonoras específicos, ou seja, em casos em que o nível específico não é predominante em relação ao residual. O nível sonoro específico possibilita, portanto, medir e analisar o impacto dos grupos geradores no ruído dos pontos de medição.

Ressalta-se que a NBR 10151 determina algumas restrições durante o cálculo de tais níveis. Primeiramente, assume-se que o nível de pressão sonora do som específico é igual ao nível do som total quando há uma diferença aritmética de mais de 15 dB entre o nível de pressão sonora do som total e residual. Além disso, quando a diferença aritmética entre o nível total e residual for inferior a 3 dB, a determinação com exatidão do som específico não é possível.

Logo, nestes casos, considera-se que o nível de pressão sonora do som específico é o mesmo do residual.

A Tabela 6.3 apresenta os níveis de pressão sonora específicos dos grupos geradores, quando aplicável, além dos valores de diferença entre os níveis totais e residuais.

Tabela 6.3: Resultados do nível de pressão sonora específico dos grupos geradores.

<b>Ponto de medição</b>	<b>Laeq total dB(A)</b>	<b>Laeq residual dB(A)</b>	<b>Diferença dB(A)</b>	<b>Laeq específico dB(A)</b>
Ponto 1 (P1)	78,2	60,9	17,3	78,2
Ponto 2 (P2)	64,3	58,2	6,1	63,1
Ponto 3 (P3)	58,4	56,2	2,2	56,2
Ponto 4 (P4)	65,0	64,2	0,8	64,2
Ponto 5 (P5)	64,1	62,0	2,1	62,0
Ponto 6 (P6)	64,7	62,4	2,3	62,4

### 6.3 Comparação com limites estabelecidos pela NBR 10151

Para verificação da conformidade dos níveis de pressão sonora específicos encontrados, comparam-se os valores obtidos com as especificações determinadas na norma NBR 10151. São aceitáveis valores que não ultrapassem os limites de níveis de pressão sonora presentes na tabela exibida no Anexo A, que exibe os limites para diferentes tipos de áreas habitadas, como área de residências rurais e área mista com predominância residencial, tanto para o período diurno como para o noturno, e para o período de medição.

Por ser uma empresa localizada no centro de um município, próxima de outras indústrias, vias públicas, moradias e estabelecimentos comerciais, foi considerado o tipo de área habitada como uma área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo. Define-se área mista como um local ocupado por duas ou mais categorias de uso, como residencial, comercial e industrial. Visto que o estudo foi realizado durante o dia, entre 13 e 17h, o limite de nível de pressão sonora é 65 dB. A Tabela 6.4 apresenta os resultados comparativos dos limites específicos calculados a partir das medições com as especificações normativas.

Tabela 6.4: Resultados comparativos entre o nível específico das fontes sonoras e o limite normativo.

<b>Ponto de medição</b>	<b>Laeq específico dB(A)</b>	<b>Limite normativo dB</b>	<b>Diferença dB(A)</b>
Ponto 1 (P1)	78,2	65,0	13,2
Ponto 2 (P2)	63,1	65,0	-1,9
Ponto 3 (P3)	56,2	65,0	-8,8
Ponto 4 (P4)	64,2	65,0	-0,8
Ponto 5 (P5)	62,0	65,0	-3,0
Ponto 6 (P6)	62,4	65,0	-2,6

Observa-se que com exceção do Ponto 1, todos os outros locais de medição apresentaram valores de nível de pressão sonora específico inferiores ao limite normativo, com diferenças variando entre 0,8 dB e 8,8 dB abaixo do limite. No caso do Ponto 1, como há maior proximidade em relação à fonte sonora e às outras instalações da empresa, o ruído foi maior, apresentando diferença positiva de 13,2 dB em relação ao máximo previsto em norma.

## 7 CONCLUSÕES

A partir do presente estudo, foi mensurado o nível de pressão sonora proveniente do ruído de grupos geradores, ligados esporadicamente durante faltas de energia, em 6 pontos diferentes próximos da fonte e de centros comerciais, moradias e vias públicas. A partir da metodologia descrita na NBR 10151, foram comparados os valores específicos das fontes sonoras aos limites estabelecidos pela norma, avaliando assim a conformidade do ruído dos grupos geradores.

O ponto 1, mais próximo à fonte sonora objeto do estudo, apresentou os maiores níveis de pressão sonora, tanto específicos quanto totais, com valores ultrapassando em 13,2 dB os limites estabelecidos pela norma. Devido à distância entre o ponto e as fontes, de aproximadamente 10 metros, foi verificado, conforme a Figura 6.7, um nível sonoro com poucas oscilações e baixo impacto do ruído de fundo. Apesar do não cumprimento dos requisitos normativos, é importante ressaltar que neste local de medição as áreas habitadas próximas do ponto são a via pública e as instalações da mesma empresa no outro lado da via, não havendo moradias e centros comerciais próximos. Não obstante, a realização de ações para atenuação do ruído na via próxima é relevante. Medidas como a utilização de materiais fibrosos ou porosos como revestimento na parte interna do local onde ficam as fontes sonoras são válidas, visto que tais materiais possuem bom potencial de absorção e dissipam a energia sonora por meio do atrito.

Nos pontos 2, 4, 5 e 6, os níveis de pressão sonora provenientes dos grupos geradores foram próximos do limite normativo, com variações de 0,8 dB até 3,0 dB abaixo do limite de 65 dB. O ponto 3 obteve os menores níveis sonoros, com 8,8 dB abaixo do limite normativo. Destaca-se que a distância entre os pontos e as fontes sonoras contribui para os níveis sonoros obtidos, devido à atenuação da energia sonora com o aumento do espaçamento. Em alguns dos pontos são verificados obstáculos como prédios na trajetória entre a fonte e o local de medição, também contribuindo para a redução da energia sonora. Apesar da conformidade perante a norma NBR 10151 em tais pontos, os resultados próximos ao limite em alguns deles demonstram o impacto dos grupos geradores e uma oportunidade da empresa para implantar ações de atenuação de ruído, embora o acionamento do maquinário seja realizado apenas durante situações específicas. Como principais ações aplicáveis para redução do nível de pressão sonora, destacam-se a utilização de barreiras sonoras próximas à fonte e o enclausuramento parcial das fontes sonoras, com a utilização de materiais com altos coeficientes de absorção.

Ademais, os níveis de pressão sonora encontrados neste trabalho foram comparados unicamente com os limites normativos para o período diurno. Logo, novos estudos se fazem necessários para a análise dos ruídos durante o período noturno, quando há menor interferência do ruído de fundo devido ao menor fluxo de veículos e é possível realizar a medição do nível de pressão sonora das fontes sonoras diretamente. Visto que o limite estabelecido pela NBR 10151 é de 55 dB para a área habitada determinada no período noturno, ao se comparar com as medições realizadas durante o dia, todos os pontos ultrapassariam o limite normativo. Com a confirmação dos níveis sonoros em cada ponto a partir de medições com um sonômetro, melhorias para redução e controle de ruídos podem ser implementadas para garantia da conformidade sonora do local.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR. 10151 Versão corrigida:2020: **Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas- Aplicação de uso geral**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. NBR 10152: **Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos e edificações**. Rio de Janeiro, 2017.

BISTAFA, S. R. B. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

CALIXTO, A. **Vibração, som e luz**. Apostila do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curitiba, 2002.

DA COSTA, E. C. **Acústica Técnica**. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

GERGES, S.N.Y. **Ruído: fundamentos e controle**. 2ª ed. Florianópolis: NR, 2000.

MIGUEL, L. F. F. **Tópicos de Acústica Aplicada**. 1ª ed. Porto Alegre, 2007.

MORAES, M. **Doenças Ocupacionais – Agentes: Físico, Químico, Biológico, Ergonômico**. 1 ed. 2010.

MURGEL, E. **Fundamentos de Acústica Ambiental**. São Paulo: Senac, 2007.

**RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001**, de 11 de fevereiro de 1993. Ministério do Meio Ambiente. Comissão Nacional do Meio Ambiente. Publicada no DOU nº 31, de 15 de fevereiro de 1993, Seção 1, páginas 2037 - 2040. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/>. Acessado em: 28 de julho de 2022.sa.

SALIBA, T. M. **Manual Prático de Avaliação e Controle de Ruído – PPRA**. 9. Ed. São Paulo: Editora LTr, 2016.



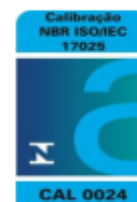
## ANEXO A

Tipos de áreas habitadas	$RL_{Aeq}$ 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

Figura A.1 – Limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e do período.  
Fonte: ABNT NBR 10151 (2020).



**Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul**  
**LABELO - Laboratórios Especializados em Eletro-Eletrônica**  
**Calibração e Ensaios**  
**Rede Brasileira de Calibração**  
 Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a  
 ABNT NBR ISO/IEC 17025 sob o nº CAL 0024.



## Certificado de Calibração

**Nº A0827/2021**

Data da Calibração: 01/09/2021  
 Data de emissão do certificado: 10/09/2021

### Cliente:

Techno Lab Serviços de Manutenção em Instrumentos Eireli  
 Av. Theodomiro Porto da Fonseca, 3101 - Cristo Rei - São Leopoldo - RS

### Características da Unidade sob Teste (UST):

Nome: Calibrador de Nível Sonoro  
 Fabricante: Criffer  
 Modelo/Classe: CR-2 - Classe 2

Protocolo: C50441  
 Nº de série: 19050008

### Procedimento(s) de Calibração Utilizado(s):

- PC A06 - Revisão: 0

### Método:

- Método do Microfone por Inserção de Tensão

### Padrão(ões) Utilizado(s):

- Brüel & Kjaer 4192 - Certificado de Calibração Nº RBC10-11204-604 do TOTAL SAFETY RBC0307 - Válido até 09/2021
- Thommen HM30 - Certificado de Calibração Nº 4J792821 do SETTING - Válido até 05/2022
- Thommen HM30 - Certificado de Calibração Nº T0846/2021 do LABELO - Válido até 05/2022
- Agilent 34401A - Certificado de Calibração Nº E1152/2020 do LABELO - Válido até 10/2021
- Brüel & Kjaer 2673 - Certificado de Calibração Nº A0392/2020 do LABELO - Válido até 09/2021
- Norsonic 483B - Certificado de Calibração Nº E1061/2020 do LABELO - Válido até 09/2021
- Stanford DS360 - Certificado de Calibração Nº E1375/2020 do LABELO - Válido até 11/2021
- Brüel & Kjaer 4228 - Certificado de Calibração Nº DIMCI 0885/2018 do INMETRO/LAETA - Válido até 01/2022

Observação: Padrões rastreados aos padrões primários nacionais e internacionais.

### Norma(s) de Referência:

- IEC 60942:2003 - Sound Calibrators. Genebra, Suíça.

### Observação:

- Os resultados da calibração estão contidos em tabelas anexas, que relacionam os valores indicados pelo instrumento sob teste, com valores obtidos através da comparação com os padrões e as incertezas estimadas da medição (IM).
- A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência  $k$ , de tal forma que a probabilidade de abrangência corresponda a aproximadamente 95%.

Figura A.2 – Certificado de calibração do sonômetro.



**Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul**  
**LABELO - Laboratórios Especializados em Eletroeletrônica**  
**Calibração e Ensaios**  
**REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO**

Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre de acordo com a  
 ABNT NBR ISO/IEC 17025, sob o número CAL 0024.



## Certificado de Calibração

## Nº A0886/2021

Data de calibração: 13/10/2021  
 Data de emissão do certificado: 13/10/2021

**Cliente:**

Techno Lab Serviços de Manutenção em Instrumentos Eireli  
 Av. Theodomiro Porto da Fonseca, 3101 - Cristo Rei - São Leopoldo - RS

**Requerente:**

Criffer - Lab. Serviços Especiais Eireli - ME  
 Rua Vinte e Quatro de Agosto, 521 - Centro - Esteio - RS

**Características da Unidade Sob Teste:**

Nome: Sonômetro Digital  
 Fabricante: Criffer  
 Modelo/Classe: Octava Plus/Classe 1

Protocolo Nº: C51097  
 Nº de Série: 19090004

Nome: Microfone Capacitivo  
 Fabricante: AWA  
 Modelo: 14421

Nº de Série: 70785

**Procedimento(s) de Calibração Utilizado(s):**

- PC A04 - Revisão: 3

**Método(s) Utilizado(s):**

- Leitura relativa ao sinal de referência.

**Padrão(ões) Utilizado(s):**

- Brüel & Kjaer 4231 - Certificado de Calibração Nº A0719/2021 do LABELO - Válido até 08/2023
- Thommen HM30 - Certificado de Calibração Nº 4J792821 do SETTING - Válido até 05/2022
- Thommen HM30 - Certificado de Calibração Nº T0846/2021 do LABELO - Válido até 05/2022
- Norsonic 483B - Certificado de Calibração Nº E1758/2021 do LABELO - Válido até 09/2022
- Stanford DS360 - Certificado de Calibração Nº E1375/2020 do LABELO - Válido até 11/2021
- Norsonic 1468 - Certificado de Calibração Nº DIMCI 1216/2017 do INMETRO/LAETA - Válido até 10/2021
- Agilent 34401A - Certificado de Calibração Nº E1836/2021 do LABELO - Válido até 10/2022
- Norsonic 1448 - 18pF - Certificado de Calibração Nº E0748/2021 do LABELO - Válido até 06/2022
- Brüel & Kjaer 4189 - Certificado de Calibração Nº A0205/2021 do LABELO - Válido até 03/2022
- Norsonic SA110 - Certificado de Calibração Nº E1839/2021 do LABELO - Válido até 10/2022

*Observação: Padrões rastreados aos padrões primários nacionais e internacionais.*

**Norma(s) Utilizada(s):**

- IEC 61672-3:2013 Electroacoustics - Sound level meters - Part 3: Periodic tests. Genebra, Suíça.
- IEC 61260-3:2016. Octave-band and fractional-octave-band filters. Genebra, Suíça.

**Observação:**

- Os resultados da calibração estão contidos em tabelas anexas, que relacionam os valores indicados pelo instrumento sob teste, com valores obtidos através da comparação com os padrões e as incertezas estimadas da medição (IM).
- A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência "k", para uma distribuição de probabilidade tipo t-Student, com graus de liberdade efetivos (veff) correspondentes a um nível de confiança de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com o "Guia para Expressão da Incerteza de Medição", Terceira Edição Brasileira.

Figura A.3 – Certificado de calibração do calibrador sonoro.