

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

**ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO E CONFORTO ACÚSTICO EM UMA CASA
NOTURNA**

por

Luis Eduardo D'Agostini

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, janeiro de 2024

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO

D'Agostini, Luis Eduardo, 1996-

ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO E CONFORTO ACÚSTICO EM
UMA CASA NOTURNA./ Luis Eduardo D'Agostini - 2024.

12 f. il. color.

Orientadora: Letícia 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, 2024.

Luis Eduardo D'Agostini

ANÁLISE DA EXPOSIÇÃO AO RUÍDO E CONFORTO ACÚSTICO EM UMA CASA
NOTURNA

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. Ignacio Iturrioz
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Mecânica dos Sólidos

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Letícia Fleck Fadel Miguel

Comissão de Avaliação:

Prof^a. Dr^a. Letícia Fleck Fadel Miguel

Prof. Dr. Edson Aseka

Prof. Dr. Felipe Tempel Stumpf

Prof. Dr. Patric Daniel Neis

AGRADECIMENTOS

Não teria como começar agradecendo outras pessoas que não fossem meus pais, Rosângela e Silvio Luiz. Desde o meu nascimento sempre fizeram todo o possível para que eu tivesse acesso à melhor educação disponível e sempre me apoiaram e incentivaram em todas as decisões que tomei. A vida que construo hoje está fundada sobre a base sólida que foi construída por eles. Serei eternamente grato por tudo que fizeram por mim.

Devo agradecer a todos os professores os quais fizeram parte da construção do conhecimento que hoje possuo, desde a pré-escola até o ensino superior. Eu sou um entusiasta do compartilhamento do conhecimento e acho admirável quem dedica sua vida a isso. Alguns destes tiveram maior contribuição e merecem um agradecimento especial: Carlos Silva, Lucas Caregnato, Fernando Miragem, Magda Torresini, Marcos Valer, Iêda Zattera e Simone Ramires. Todos estes citados têm o brilho no olho ao ensinar e passam esse brilho adiante para os seus alunos, foi um imenso prazer a troca de conhecimentos com vocês.

Agradeço também aos meus amigos, que sempre me apoiaram em todos os momentos que precisei e aos colegas que estiveram ao meu lado em dias e noites viradas de estudos, mesmo em meio a uma jornada dupla de trabalho e graduação. Agradeço também a Victória Rubin Cerutti que além de me apoiar e incentivar ao longo de toda a escrita, me acompanhou nas medições de campo. Sem a parceria e incentivo de todos ao longo dessa jornada, talvez eu tivesse entrado para a estatística de desistência de 68,74% (INEP, 2019) dentre os estudantes de engenharia.

Em suma, agradeço a todos que de alguma forma compartilharam esta jornada comigo e que se fez possível através de muita determinação e resiliência.

D'Agostini, Luis Eduardo. **Análise da exposição ao ruído e conforto acústico em uma casa noturna**. 2024. 17 páginas. Monografia de Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024.

RESUMO

O trabalho analisa a exposição ao ruído de trabalhadores de uma casa noturna na cidade de Porto Alegre e se estão sujeitos a riscos de saúde por tal exposição. Para isso, foram realizadas as medições em dois momentos, no período pré-operacional, ou seja, antes do estabelecimento estar aberto ao público e durante o período operacional, visando comparar os dois momentos. Foram observados nove pontos diferentes em cada um dos cenários. Os resultados obtidos foram que no período pré-operacional os níveis de ruído não expuseram os colaboradores à níveis considerados danosos à saúde. Já, durante o período operacional, foi identificado que, para os níveis de pressão sonora encontrados, os colaboradores estavam expostos ao ruído por quatro vezes mais tempo do que o permitido segundo a norma NHO-01. Foram propostas melhorias no que tange o uso de equipamentos de proteção visando evitar danos futuros à saúde dos colaboradores.

PALAVRAS-CHAVE: Conforto Acústico, Ruído, Nível de Pressão Sonora.

D'Agostini, Luis Eduardo. **Analysis of noise exposure and acoustic comfort in night club**. 2024. 17 pages. Mechanical Engineering End of Course Monography – Mechanical Engineering degree, The Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024.

ABSTRACT

This study examines the exposure to noise of workers at a nightclub in the city of Porto Alegre and whether they are subject to health risks due to such exposure. For this purpose, measurements were taken at two different moments, in the pre-operational period what means before the establishment was open to the public and, during the operational period, seeking out to compare the two moments. Nine different points were observed in each scenario. The results obtained demonstrates that in the pre-operational period the noise levels did not expose employees to levels considered harmful to health. During the operational period, the results for the sound pressure levels denoted that employees were exposed to noise for four times longer than allowed, according to the standard NHO-01. Improvements were proposed regarding the use of protective equipment to avoid future damage to employees' health.

KEYWORDS: Acoustic Comfort, Noise, Sound Pressure Level.

NOMENCLATURA

| Símbolos | Descrição | Unidade SI |
|---------------------|--|-----------------------|
| NPS | Nível de pressão sonora | [dB] |
| p | Pressão sonora medida | [N/m ²] |
| p0 | Pressão sonora de referência (2x10 ⁻⁵ Pa) | [N/m ²] |
| Lp | Nível de pressão sonora | [dB] |
| Leq | Nível de pressão sonora equivalente | [dB] |
| LAeq | Média do nível de pressão sonora equivalente | [dB] |
| dB | Decibel | |
| dB(A) | Decibel com ponderação A | |
| NM | Nível médio representativo da exposição | [dB] |
| | | |
| Abreviaturas | Descrição | |
| NHO-01 | Norma de Higiene Ocupacional | |
| NR-15 | Norma Regulamentadora 15 | |
| OMS | Organização Mundial de Saúde | |

Sumário

1. INTRODUÇÃO

- 1.1 OBJETIVO
- 1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

- 2.1 SOM
- 2.2 FREQUÊNCIA
- 2.3 NÍVEL DE PRESSÃO SONORA
- 2.4 NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE

3. METODOLOGIA

- 3.1 NORMAS E RECOMENDAÇÕES
- 3.2 EQUIPAMENTOS
- 3.3 PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO

4. RESULTADOS

- 4.1 PERÍODO PRÉ-OPERACIONAL
- 4.2 PERÍODO OPERACIONAL

5. CONCLUSÃO

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INTRODUÇÃO

Casas noturnas são um ambiente altamente frequentado por jovens, alguns deles frequentando de duas a três vezes na semana. Uma característica em comum entre todas as danceterias é a música sendo reproduzida em níveis de pressão sonora elevados, que, em muitos casos, até impossibilitam a conversa nestes locais. Isso gera uma preocupação frente aos riscos à saúde auditiva dos frequentadores e, principalmente, das pessoas que exercem atividade laboral no local.

A exposição prolongada e frequente a níveis excessivos de ruídos podem ser a causa de diversos problemas de saúde, tais como: surdez parcial ou total, irritabilidade, ansiedade, dor de cabeça, perda de memória, comprometimento cognitivo dentre outras tantas complicações possíveis. A Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) é um problema a nível mundial. Segundo um estudo realizado por Graydon et al (2019), estima-se que uma a cada cinco pessoas no mundo sofrem com uma perda auditiva incapacitante e que o impacto financeiro disso é na ordem de 750 bilhões de dólares por ano ao se considerar custos de sistema de saúde, de perda de produtividade e sociais

1.1. OBJETIVO

O intuito deste trabalho é medir e analisar os níveis de exposição ao ruído aos quais colaboradores e frequentadores da casa noturna observada estão expostos. É também objetivo avaliar as medições realizadas em campo para identificar o nível de pressão sonora no ambiente e a comparação com as referências definidas em norma, e, assim, entender se o ambiente está em conformidade com a norma ou não.

1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A monografia de Roncatto (2020), para o trabalho de conclusão de curso de Engenharia Mecânica realizou a análise do conforto acústico dos colaboradores de um laboratório de metrologia inserido em uma linha de produção dentro de uma indústria de elevadores ao longo de uma jornada de trabalho por meio da avaliação da dose de ruído que o profissional era submetido e dos níveis de pressão sonora. O ambiente foi caracterizado por meio da medição de níveis de pressão sonora equivalente com base nas normas NBR 10151 E 10152 e comparando com os critérios da NR-15. Os resultados em pontos internos demonstraram atendimento à norma NR-15, porém com níveis superiores frente à perspectiva de conforto acústico. Após essa medição, foi construído um enclausuramento acústico em torno do laboratório com paredes de madeira compensada revestida de lã com paredes de madeira compensada revestida de lã de rocha. Com isso, os resultados obtidos demonstraram redução de 30,6% em relação a medição inicial. Sendo assim, o estudo comprovou que utilizar materiais isolantes e fibrosos auxiliam no amortecimento da vibração e dissipação da energia sonora em alta frequência.

Em outro estudo, realizado por Fernandes (2022) realizou uma análise acústica do impacto de um centro de saída de laminados em uma sala de reuniões que se localizava próximo a ele na fábrica. As medições foram realizadas em 13 pontos diferentes em um intervalo de tempo que apresentou produção instável, ou seja, houve paradas durante a produção, não sendo o ruído constante ao longo de todo o período. Os resultados obtidos implicaram que o ponto mais ruidoso apresentou um nível de pressão sonora de 85,8 dB(A) permanecendo em 90% do tempo acima desta marca. Com o estudo foi possível determinar as bandas de frequência que devem ser absorvidas pelo material de revestimento da sala acústica para que se tenha o conforto necessário.

Foram apresentadas algumas sugestões de melhorias frente ao conforto acústico da sala de reuniões: enclausuramento das máquinas visando isolar a fonte sonora, instalação de *blaffes* para absorção das ondas mecânicas ou a criação de uma sala acústica para a realização de reuniões. O sugerido pelo autor, visando facilidade, tempo de instalação e fatores econômicos foi a última opção.

Já Günther (2019) por sua vez, analisou os impactos dos ruídos causados por aeronaves nos entornos de um aeroporto na cidade de Porto Alegre. Para isso, realizou a análise do conforto acústico e medição da pressão sonora em quatro pontos distintos, sendo todos a, no máximo 1km de distância da cabeceira da pista. Os pontos avaliados por este estudo foram: um ponto no boulevard laçador, que consiste em um conjunto de restaurantes e os outros três pontos na escola de aviação civil, sendo um deles próximo ao simulador de voo, outro na parte externa na escola e por último dentro de uma das salas de aula. O estudo pode identificar que no ponto mais próximo à cabeceira da pista(o complexo de restaurantes Boulevard Laçador) obteve níveis de pressão sonora acima do recomendado pela norma NBR 10151 durante os movimentos de pouso e decolagem. Foi avaliado que também excediam a recomendação da ABNT 2000 para área externa com atividades de recreação, onde o indicado é que o ruído não exceda 65dB(A), porém, neste ponto, chegou-se observar nível de pressão sonora próximos de 83dB(A). Para a área externa da escola de aviação, pouso e decolagem do avião modelo Boeing 737 apresentou níveis de pressão sonora acima dos estipulados na NBR 10151. Os demais pontos apresentaram resultados inferiores e condizentes com suas respectivas normas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. SOM

Segundo Bistaffa (2011), sons são vibrações das partículas do ar que se propagam a partir de estruturas vibrantes. O mesmo fenômeno acontece não só no ar, como em outros meios tanto em líquidos como em sólidos, propagando-se em todas as direções sempre se afastando da sua fonte geradora e, com isso, perdendo intensidade. Já o ruído pode ser definido como um som sem harmonia ou indesejável.

2.2. FREQUÊNCIA

Segundo Borges E Rodrigues (2017), um movimento é periódico quando, para um mesmo referencial, se repete de maneira consecutiva em intervalos de tempos sucessivos e iguais. Quando este movimento se dá por uma mesma trajetória, diz-se que ele está vibrando. A frequência de um movimento pode ser definida pelo número de vibrações completas que o corpo realiza em determinado intervalo de tempo. As frequências perceptíveis ao ouvido humano encontram-se na faixa de 20Hz a 20.000Hz, na parte mais baixa do espectro de frequência encontram-se os timbres mais graves e, na parte mais alta são identificados os timbres mais agudos.

2.3. NÍVEL DE PRESSÃO SONORA

O nível de pressão sonora é uma forma de medir a intensidade de um som e representa a pressão acústica associada a uma onda sonora, sendo esse o estímulo físico que mais se aproxima da percepção do som (Bistafa, 2011), sendo sua medida dada em dB.

O NPS (Nível de Pressão Sonora) pode ser obtido através da relação logarítmica da pressão do ambiente em relação a uma pressão de referência, sendo expressa pela equação

$$L_p = 10 \text{Log}_{10} \frac{p^2}{p_o^2} \text{dB} \quad (1)$$

onde P é a pressão e P_o é a pressão de referência que corresponde ao mínimo de pressão audível, limiar da audição, na frequência de 1000 Hz e possui valor igual à $2 \cdot 10^{-5}$ N/m².

O sistema auditivo humano possui órgãos sensoriais cuja função é perceber a diferença de pressão causada pelas ondas sonoras: os ouvidos. Enquanto isso, as partes auditivas fazem a conversão das vibrações em diferentes frequências formando o que se conhece por som. As diferentes frequências são percebidas de formas diferentes pelo corpo humano. Tanto para bandas de 100Hz a 800Hz, consideradas de baixa frequência, quanto para bandas acima de 10.000Hz, os seres humanos apresentam menor sensibilidade auditiva. Esse fato é demonstrado quando a sensibilidade é avaliada comparando diferentes níveis de pressão sonora e diferentes frequências, um tom emitido a 100 Hz deve ter 5 dB a mais para provocar a mesma sensibilidade que um tom de 1000 Hz a 80 dB (GERDES,2000).

Para que esse fator seja levado em conta, é utilizada a correção pela escala (A), o valor de pressão sonora nesta escala traduz um valor único de pressão sonora que é interpretado pelo ouvido humano, podemos observar como essa interpretação é calculada na equação 2:

$$L_{p(A)} = 10 \text{ Log}_{10} \sum_i 10^{0,1(L_{pi} + C_i)} \text{ dB(A)} \quad (2)$$

Onde L_{pi} representa o nível de pressão sonora em cada uma das bandas de frequência i avaliadas e C_i as correções correspondentes à ponderação (A). Abaixo na Tabela 1 podemos observar os fatores de correção aplicados para diferentes valores de frequência que podem ser percebidos pelo ouvido humano.

Tabela 1 – Correções correspondentes à percepção auditiva na escala (A)

| Bandas de Frequência (Hz) | Correção da Curva (A) C_i dB(A) | Bandas de Frequência (Hz) | Correção da Curva (A) C_i dB(A) | Bandas de Frequência (Hz) | Correção da Curva (A) C_i dB(A) |
|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| 10 | -70,4 | 200 | -10,9 | 2.500 | 1,3 |
| 16 | -56,7 | 250 | -8,6 | 3.150 | 1,2 |
| 20 | -50,5 | 315 | -6,6 | 4.000 | 1 |
| 25 | -44,7 | 400 | -4,8 | 5.000 | 0,5 |
| 40 | -34,6 | 500 | -3,2 | 6.300 | -0,1 |
| 50 | -30,2 | 630 | -1,9 | 8.000 | -1,1 |
| 63 | -26,2 | 800 | -0,8 | 10.000 | -2,5 |
| 80 | -22,5 | 1.000 | 0 | 12.500 | -4,3 |
| 100 | -19,1 | 1.250 | 0,6 | 16.000 | -6,6 |
| 125 | -16,1 | 1.600 | 1 | 20.000 | -9,3 |
| 160 | -13,4 | 2.000 | 1,2 | - | - |

Fonte: Adaptado de Gerges (2000)

2.4. NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EQUIVALENTE

Ainda que o nível de pressão sonora L_p seja a medida mais comumente utilizada para a intensidade do som, quando os níveis sonoros são variáveis se faz necessário utilizar o nível de pressão sonora equivalente L_{eq} . Ele consiste em na integração do nível de pressão sonora em um determinado intervalo de tempo representando, assim, a média da energia no tempo de observação e é determinado pela equação 3:

$$L_{eq} = 10 \log \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P(t)^2}{P_o^2} dt \right) \quad (3)$$

na qual T é o tempo de integração, P(t) é a pressão acústica instantânea e Po é a pressão acústica de referência (2×10^{-5} N/m²).

A média do nível de pressão sonora equivalente (L_{Aeq}) que é a energia média de um nível sonoro variável dentro de um intervalo de tempo em escala A dB(A) é determinada através da equação 4:

$$L_{Aeq} = 10 \text{Log}_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_i 10^{\left(\frac{NPS_i}{10} \right)} \right) \quad (4)$$

3. METODOLOGIA

3.1. NORMAS E RECOMENDAÇÕES

No que tange a realização das medições e avaliação dos níveis de pressão sonora em ambientes internos, as normas observadas foram a NBR 10151 e NBR 10152. Ao longo da análise serão expostos os pontos que foram considerados e a qual norma se referem. Porém, tais normas não relacionam a saúde ocupacional dos trabalhadores do ambiente em questão. Para isso, levou-se em consideração os critérios da NHO – 01 cujo o objetivo é avaliar a dose de exposição ao ruído dos trabalhadores e os riscos à saúde atrelados a essa exposição. A mesma traz valores de referência para o tempo máximo de exposição ao ruído como podemos observar na Tabela 2:

Tabela 2 – Tempo máximo de exposição permissível em função do nível de ruído.

| Nível de Ruído dB(A) | Tempo máximo diário permissível (tn) (minutos) |
|----------------------|--|
| 80 | 1.523,90 |
| 81 | 1.209,52 |
| 82 | 960,00 |
| 83 | 761,95 |
| 84 | 604,76 |
| 85 | 480,00 |
| 86 | 380,97 |
| 87 | 302,38 |
| 88 | 240,00 |
| 89 | 190,48 |
| 90 | 151,19 |
| 91 | 120,00 |
| 92 | 95,24 |
| 93 | 75,59 |
| 94 | 60,00 |
| 95 | 47,62 |
| 96 | 37,79 |
| 97 | 30,00 |

É possível observar que a norma apresenta como valor de referência para uma jornada 8 horas a exposição a no máximo 85dB. Segundo a NHO – 01 o nível médio representativo da exposição da saúde do trabalhador quando o medidor integrador é portado pelo avaliador deve se dar pela equação 5:

$$NM = 10 \log \left[\frac{1}{n} n_1 x 10^{0,1NM_1} + n_2 x 10^{0,1NM_2} + \dots + n_i x 10^{0,1NM_i} + \dots + n_n x 10^{0,1NM_n} \right] \quad (5)$$

onde:

NM = Nível médio representativo da exposição do trabalhador avaliado

n_i = Número de leituras para um mesmo nível médio parcial assumido NM_i

n = número total de leituras = $n_1 + n_2 + \dots + n_i + \dots + n_n$

NM_i = iésimo nível médio de pressão sonora assumido em dB(A)

3.2. EQUIPAMENTOS

As medições em campo foram realizadas utilizando o decibelímetro INS-1355 com datalogger da fabricante Metrins com range de aquisição de dados de 31.5 Hz a 8.5 kHz e certificado de calibração número 155722 realizado por calibrador com certificado RBC A0858/2021 que pode ser observado na Figura A.1. Para a aquisição dos dados medidos foi utilizado o *software* SoundLab, disponibilizado pela fabricante do equipamento. A escala de medição utilizada foi de 30dB a 130dB no formato *slow* (uma medição por segundo), curva de

ponderação de frequência do tipo A e tempo de integração de um segundo, podemos observar o equipamento que foi utilizado na Figura 1

Figura 1 – Decibelímetro utilizado para a realização das medições.



3.3. PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO

Na coleta dos dados o equipamento foi fixado a uma altura de 1,2m e sempre mantendo a distância de mais de um metro das paredes conforme a norma NBR 10151 como podemos observar na Figura 2:

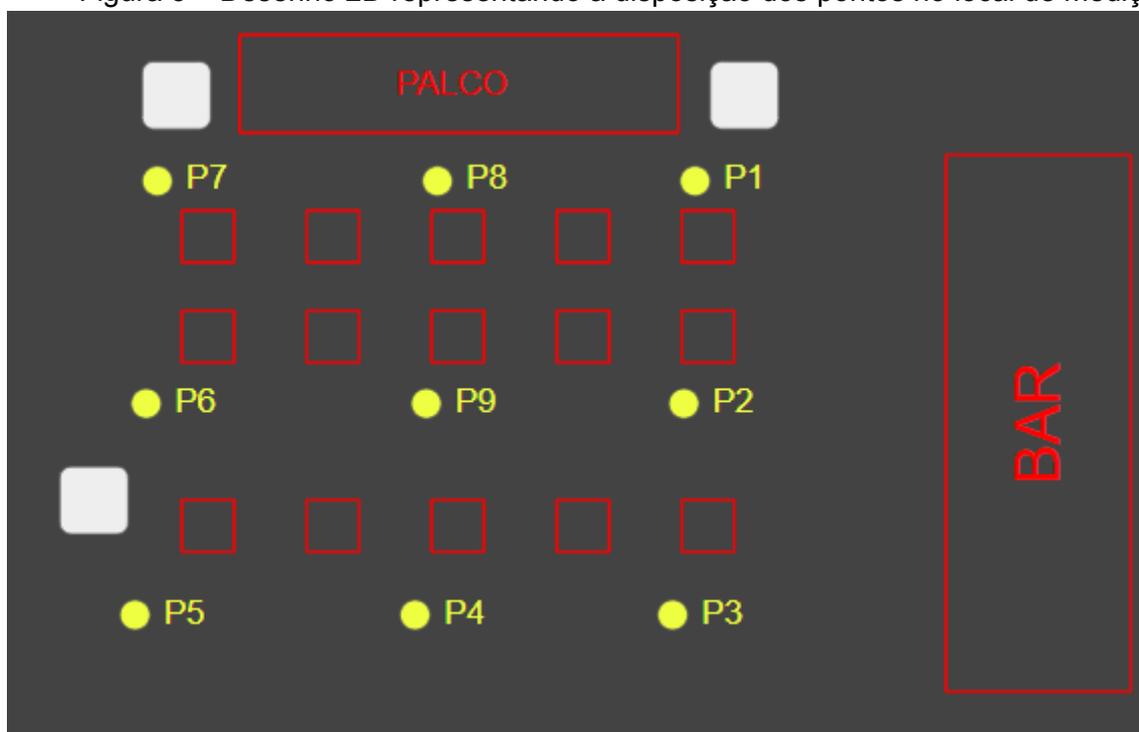
Figura 2 – Decibelímetro posicionado para a medição em campo.



As medições foram realizadas em nove pontos todos no interior da edificação e em conformidade com a norma NBR 10152 que prevê que seja realizada uma medição para cada 30m² em ambientes internos. Além disso, em concordância com as orientações da norma NBR 10151 todos os pontos estavam a pelo menos um metro de distância de paredes e outros objetos que pudessem refletir as ondas sonoras. Em cada medição foi adotado o tempo de um minuto de acordo com a norma NBR 10152 que indica o tempo mínimo sendo de 30 segundos.

Não foi possível executar as medições de forma concomitante devido a limitações de quantidade de equipamentos disponíveis. Na Figura 3 pode-se observar como foram distribuídos os pontos medidos dentro do ambiente em questão.

Figura 3 – Desenho 2D representando a disposição dos pontos no local de medição



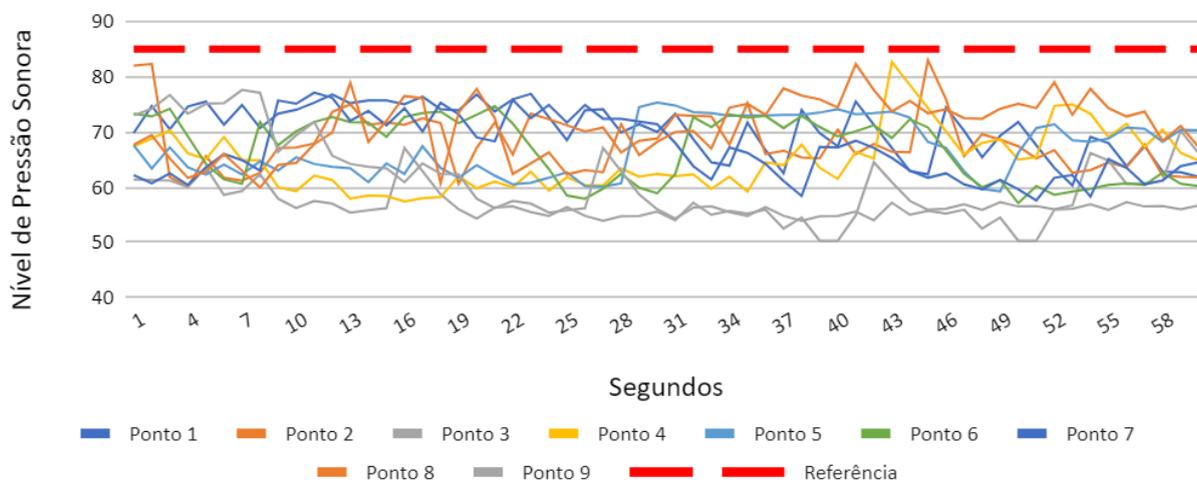
A forma como foram distribuídos visou identificar se existiriam grande variações dependendo do posicionamento dentro do espaço. Por isso, buscou-se abranger toda a parte interna do ambiente. Os quadrados em cinza indicam o local onde estão postas as caixas de som. Visando entender os efeitos das mesmas em operação no local, foram realizadas as medições em dois momentos. O primeiro momento foi antes da casa estar recebendo público, porém, durante a medição, estava ocorrendo a passagem de som dos instrumentos da banda que tocaria em sequência. A passagem de som consiste na equipe emitindo sons dos instrumentos que serão utilizados, mas de maneira intervalada, ou seja, os sons não estavam sendo emitidos constantemente ao longo das medições realizadas neste período. O segundo momento se caracterizou pela casa noturna já com público presente e caixas de som funcionando, sendo que esta intensidade de som permaneceu neste nível ao longo de seis horas.

4. RESULTADOS

4.1. PERÍODO PRÉ-OPERACIONAL

Para fins de comparação dos efeitos das caixas de som em operação bem como das conversas concomitantes dos participantes dos eventos, realizou-se a medição dos pontos antes da casa noturna estar aberta ao público. Como se pode observar na Figura 4 que expressa as variações observadas ao longo do tempo nos 9 pontos analisados:

Figura 4 – Níveis de pressão sonora medidos em diferentes pontos no período pré- operação.



Devido ao fato de estar ocorrendo a passagem de som, os níveis de pressão sonora encontrados apresentaram leves aumentos ao que seria comparável ao ambiente sem a passagem, pode-se observar quatro picos acima de 80,0dB, porém dentre todas as medições o ponto de mínimo acontece em 50,3dB e o ponto de máximo em 83,0dB. Na Tabela 3 é possível observar os valores máximos e mínimos encontrados em cada ponto de medição, bem como, o L_{Aeq} em cada ponto, representando o valor médio observado:

Tabela 3 – Resultados das medições nos nove pontos medidos durante o período pré-operacional.

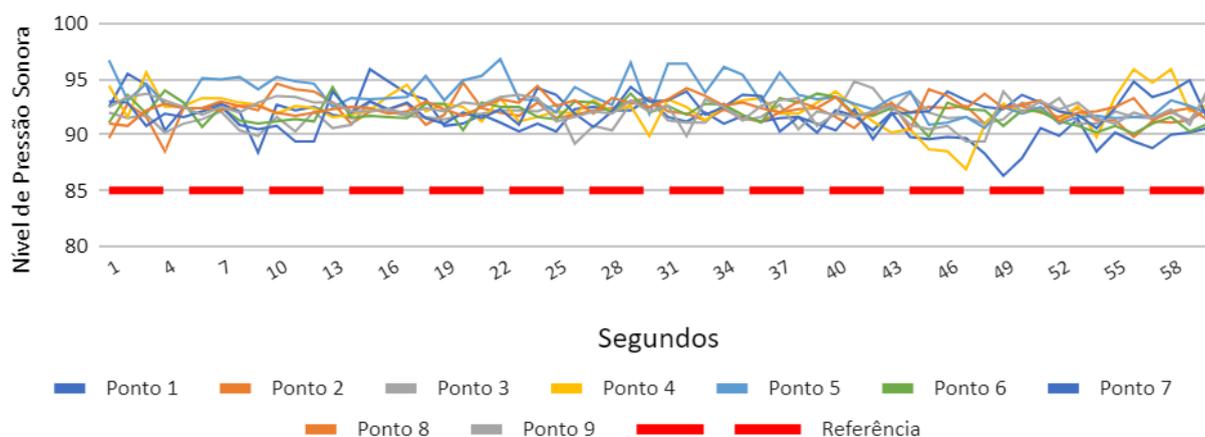
| Ponto de Medição | Max | Min | L_{Aeq} |
|------------------|------|------|-----------|
| Ponto 1 | 76,9 | 60,3 | 72,5 |
| Ponto 2 | 83,0 | 60,1 | 72,4 |
| Ponto 3 | 70,2 | 50,3 | 60,2 |
| Ponto 4 | 82,7 | 57,4 | 69,6 |
| Ponto 5 | 75,3 | 59,2 | 69,6 |
| Ponto 6 | 74,7 | 57,1 | 69,7 |
| Ponto 7 | 77,1 | 57,6 | 70,1 |
| Ponto 8 | 82,3 | 59,9 | 73,6 |
| Ponto 9 | 77,6 | 50,3 | 67,7 |

Já o nível médio representativo observado entre todos os pontos, obedecendo os critérios da NHO – 01, foi NM = 68,1. Ainda conforme a norma NHO – 01, para o ponto máximo observado no período pré-operacional, um trabalhador poderia ficar exposto a este nível de ruído por até 12 horas e 42 minutos por dia, superando uma jornada de trabalho normal de 8 horas e 44 minutos. Sendo assim, se este fosse o nível de exposição, é possível concluir que os trabalhadores e frequentadores da casa noturna não estariam sujeitos a riscos de saúde.

4.2. PERÍODO OPERACIONAL

É durante o período operacional onde podem ser observados diversos pontos geradores de ruído que podem afetar a saúde das pessoas neste ambiente: caixas de som, conversas entre os presentes, operação de bar e cozinha. Todos estes fatores produzem sons que combinados podem trazer riscos à saúde. Tendo em vista isso, foram realizadas as medições já com estes fatores ocorrendo concomitantemente e os resultados obtidos são apresentados na Figura 5, onde o eixo x representa os segundos e o eixo y representa os níveis de pressão sonora:

Figura 5 – Níveis de pressão sonora medidos em diferentes pontos no período operacional.



No gráfico pode-se observar que existem picos superando a faixa de 96dB(A) e que todos os pontos estão acima da linha de referência determinada pela NHO - 01 em 85dB(A). De forma complementar a análise do gráfico, na Tabela 4 são apresentados os valores máximos e mínimos encontrados em cada ponto de medição, bem como, o L_{Aeq} em cada ponto, representando o valor médio observado.

Tabela 4 – Resultados das medições nos 9 pontos medidos durante o período operacional.

| Ponto de Medição | Max | Min | L _{Aeq} |
|------------------|------|------|------------------|
| Ponto 1 | 95,9 | 86,3 | 91,7 |
| Ponto 2 | 94,7 | 88,5 | 92,2 |
| Ponto 3 | 94,8 | 89,2 | 91,9 |
| Ponto 4 | 95,9 | 86,9 | 92,6 |
| Ponto 5 | 96,8 | 90,6 | 93,8 |
| Ponto 6 | 94,3 | 89,8 | 92,1 |
| Ponto 7 | 94,9 | 89,4 | 92,4 |
| Ponto 8 | 94,4 | 90,5 | 92,6 |
| Ponto 9 | 94,2 | 89,4 | 92,3 |

Analisando o gráfico é possível observar que, apesar da grande variação apresentada, o menor nível de pressão sonora encontrado durante este período foi de 86,32 dB. Segundo a NHO – 01, este nível de exposição não seria danoso a saúde se perdurasse por no máximo cinco horas e três minutos. Porém, a casa noturna em questão abre suas portas às 18 horas e encerra suas atividades à meia noite. Sendo assim, o menor nível de pressão sonora observado durante a operação já estaria expondo os colaboradores e os frequentadores à riscos de saúde. Porém, foi observado que o nível médio representativo da exposição do trabalhador foi $NM = 92,1$ dB. Fazendo a comparação entre o período pré-operacional e o período operacional pode-se observar que o nível médio representativo foi 35,24% maior em termos de dB, esse aumento leva os níveis de pressão sonora de um estágio não nocivo para a saúde auditiva para um estágio em que o aconselhável é que não se tenha exposição superior a uma hora e 35 minutos em tais níveis. Sendo assim, observando o cenário em questão em que o colaborador é exposto a este nível durante às seis horas de operação ele está exposto a quatro vezes o tempo máximo de exposição, estando sujeito a claros riscos à saúde.

Mesmo com os níveis de pressão sonora observados nesta análise, foi constatado que os colaboradores deste ambiente não utilizavam nenhuma forma de EPI que pudesse prevenir danos à saúde auditiva. O cenário ideal seria que os trabalhadores recebessem um protetor auricular no formato de *plug* de ouvido e o utilizassem durante toda a operação. Caso utilizassem o protetor auditivo modelo Millenium da marca 3M que tem redução de ruído de 17dB, os riscos à saúde seriam evitados pois levariam a exposição a valores abaixo de 85dB como prevê a NHO – 01.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo buscou identificar se os níveis de pressão sonora encontrados em casas noturnas imprimiam riscos à saúde dos trabalhadores e frequentadores deste ambiente. Para isso foram realizadas medições no período pré-operacional para fins de comparação e medições durante a operação para avaliar os reais riscos. Tais medições foram realizadas estando de acordo com as normas NBR 10151 e NBR 10152 e os resultados obtidos comparados com os valores de referência da norma NHO – 01.

No período pré-operacional o ponto de maior nível de pressão sonora observado foi de 83,0 dB. Sendo assim, todos os valores observados estão de acordo com a NHO – 01 que permite a exposição de mais de 12 horas para o ponto máximo encontrado, superando a jornada da equipe.

Já para o período operacional observou-se que o tempo de exposição para o NM observado de 92,12 dB deveria ser de, no máximo, uma hora e 35 minutos. Este tempo representa, aproximadamente, um quarto do tempo que os trabalhadores realmente ficam expostos a tais níveis de pressão sonora. Sendo assim, o estudo evidenciou que tanto os trabalhadores quanto os frequentadores estão expostos a um ambiente que é danoso à saúde dos mesmos.

Além disso, foi observado que os colaboradores não utilizam nenhum tipo de EPI que possa atenuar os efeitos à audição dos elevados níveis de pressão sonora observados. O estudo indicou que visando reverter os efeitos danosos à saúde, o estabelecimento analisado deveria adotar o uso de EPI de forma obrigatória.

Para estudos futuros deve-se analisar qual o impacto de shows ao ar livre para a saúde dos colaboradores e frequentadores deste ambiente, bem como o impacto de ruído nas proximidades do evento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151: Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas** - Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 22 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152: Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 25 p.

BISTAFA, S. R.; **Acústica aplicada ao controle de ruído**. 1ª ed. São Paulo: Blucher, 2011.

BORGES, A. N. **Introdução à física acústica**. Antônio Newton Borges, Clóvis Gonçalves Rodrigues - São Paulo: editora Livraria de Física, p. 49. 2017.

Fernandes, Alexandre. **Mapeamento e análise acústica na indústria metal mecânica em um centro de saída de laminados**. – Porto Alegre, p.23. 2019

FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional - Procedimento Técnico - Avaliação da Exposição Ocupacional do Ruído - NHO 01**. São Paulo. 2001. Rio de Janeiro: ABNT, 2019. 25 p.

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

Graydon, K., Waterworth, C., Miller, H., & Gunasekera, H. (2019). **Global burden of hearing impairment and ear disease**. *The Journal of Laryngology & Otology*, 133(1), 18-25. doi:10.1017/S0022215118001275

Günther, Bruna. **Avaliação dos níveis de pressão sonora no entorno do aeroporto Salgado Filho durante operações de decolagem e pouso**. – Porto Alegre, p.23. 2019

RONCATO, Diógenes Ferreira. **Análise do Conforto Acústico em um Laboratório de Metrologia**. – Porto Alegre, p.23. 2020

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines to Community Noise**, Geneva, 1999.

ANEXO

Figura A.1 – Certificado de calibração do decibelímetro utilizado para as medições.



Instrusul
INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Certificado de Calibração nº 155722

Folha 1/1

Objeto: Decibelímetro Digital

Nº de autenticação: ----

Fabricante: METRINS **Modelo:** INS-1355 **Série:** MC:2702221

Cliente: Luis Eduardo D'Agostini
Porto Alegre (RS)

Data da calibração: 12/12/2023 **Data da emissão:** 12/12/2023

Procedimento: Os procedimentos utilizados para a calibração estão de acordo com o MT 001 ed. 01 rev.01.

Padrões Utilizados:
- Calibrador Acústico com certificado de calibração RBC A0858/2021 - Validade do Padrão: 10/2026

Condições Ambientais: Temperatura: $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$ Umidade Relativa do Ar: entre 35 e 70%

Incerteza de Medição: Vide tabela de resultados para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

RESULTADOS OBTIDOS

| | CALIBRAÇÃO | | | |
|-----------------|--------------|--------|--------------|--------|
| | Frequência A | | Frequência C | |
| | Lo | Hi | Lo | Hi |
| VM (dB) | 94,30 | 113,50 | 94,20 | 113,40 |
| VVC (dB) | 94,00 | 114,00 | 94,00 | 114,00 |
| EM (dB) | 0,30 | -0,50 | 0,20 | -0,60 |
| IM (dB) | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| k | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |

| CONVENÇÕES | |
|------------|---|
| VVC | Valor Verdadeiro Convencional |
| VM | Valor Médio de cada ponto |
| EM | Erro de Medição (VM - VVC) |
| IM | Incerteza de Medição, para um nível de confiança de 95 %. |

- Não é permitida a reprodução parcial deste documento sem a prévia autorização da Instrusul Instrumentos de Medição.

- Os resultados são válidos somente para o estado do objeto no momento da medição.



Fernando Kauer
Responsável Técnico
CREA: RS177080

instrusul@instrusul.com.br
Rua Padre Felipe, 1558 - CEP 93280-066 - Parque Amador - Esteio - Fone: (51) 3459.6491
www.instrusul.com.br