



Orlando Cavalcante Pinto

Condicionamento Acústico em Ambientes de Trabalho – Estudo de Caso em Instituto de Beleza.

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Instituto de Tecnologia
Mestrado Profissional em Processos Construtivos
e Saneamento Urbano

Dissertação orientada pelo Prof. Dr. Alexandre Luiz Amarante Mesquita



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
MESTRADO EM PROCESSOS CONSTRUTIVOS E SANEAMENTO URBANO**

**Condicionamento Acústico em Ambientes de Trabalho –
Estudo de Caso em Instituto de Beleza.**

Orlando Cavalcante Pinto

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano da Universidade Federal do Pará como requisito para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Luiz Amarante Mesquita

Belém – PA
2023

Condicionamento Acústico em Ambientes de Trabalho – Estudo de Caso em Instituto de Beleza.

Orlando Cavalcante Pinto

Esta Dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Processos Construtivos e Saneamento Urbano, área de concentração Condicionamento Acústico em Ambientes de Trabalho, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Profissional em Processos Construtivos e Saneamento Urbano (PPCS) do Instituto de Tecnologia (ITEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Aprovada em 30 de março de 2023

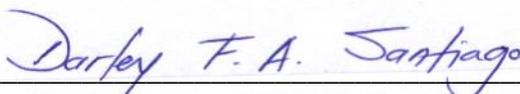


Prof. Dr. Dênio Ramam Carvalho de Oliveira
(Coordenador do PPCS)



Prof. Dr. Alexandre Luiz Amarante Mesquita
(Orientador – UFPA)

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Darley Fiácrio de Arruda Santiago
(Examinador Externo – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí)

Prof. Dr. Marcelo de Souza Picanço
(Examinador Interno – UFPA)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho de conclusão ao principal fundamento e pilar da minha vida que é o DEUS pai, pois sem ele eu não teria capacidade para desenvolver este trabalho, dedico também a minha amada família que é um outro pilar na minha vida, minha amada esposa Francisca, meus amados filhos, João Gabriel, Rafael e José Emanuel e também aos meus amados pais, Chagas Pinto e Joanildes Pinto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu professor e orientador Prof. Dr. Alexandre Luiz Amarante Mesquita, por ter aceitado acompanhar-me nesse projeto. O modo de ajudar desse grande professor é de extrema importância e essencial para a minha motivação, pois a medida que as dificuldades iam surgindo ao longo do percurso do período de andamento do trabalho de conclusão de curso, esse grande mestre vinha me fortalecendo com informações e ajuda para a conclusão de trabalho.

RESUMO

PINTO, Orlando Cavalcante. **Condicionamento Acústico em Ambientes de Trabalho – Estudo de Caso em Instituto de Beleza**. 2023. X f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-graduação em Processos Construtivos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2022.

O ruído presente em ambientes de trabalho pode resultar em vários problemas, tais como estresse, perda de produtividade e até mesmo problemas auditivos, dependendo dos níveis e tempo de exposição. Em salões ou institutos de beleza os colaboradores também ficando a expostos a níveis consideráveis de ruído, principalmente os causados pelos secadores de cabelo. O problema atinge tanto os colaboradores quanto os clientes do salão. Dentre as ações para correção do problema estão o uso de silenciadores acústico em secadores e o condicionamento acústico no ambiente. Desta forma, este artigo investiga o nível de ruído em um instituto de beleza e apresenta um estudo de caso de simulação numérica de condicionamento acústico no ambiente sujeito ao ruído devido aos secadores de cabelo com e sem seu silenciador. A partir dos dados obtidos de potência sonora do secador de cabelo foi gerado um modelo acústico do ambiente usando o software Odeon e diferentes soluções nas paredes e no teto no modelo do ambiente foram analisadas.

Palavras-chave: Condicionamento acústico, ruído, instituto de beleza, secador de cabelo, simulação computacional.

ABSTRACT

PINTO, Orlando Cavalcante. **Acoustic Conditioning in Work Environments – Case Study in a Beauty Institute**. 2023. 60 X. Dissertation (Master's degree) – Graduate program of Constructive Processes. Federal University of Pará, Belém, 2022.

The noise present in work environments can result in various problems, such as stress, loss of productivity, and even hearing problems, depending on the levels and time of exposure. In beauty salons, employees are also exposed to considerable levels of noise, especially those caused by hair dryers. The problem affects both employees and clients of the salon. Among the actions to correct the problem are the use of acoustic silencers in hairdryers and acoustic conditioning in the environment. Thus, this paper investigates the noise level in a beauty salon and presents a case study of numerical simulation of acoustic conditioning in the environment subject to noise due to hair dryers with and without its silencer. From the obtained hair dryer sound power data an acoustic model of the room was generated using Odeon software and different solutions on the walls and ceiling in the room model were analyzed.

Keywords: Acoustic conditioning, noise, beauty institute, hairdryer, computational simulation.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. Introdução | 19 |
| 1.1 Considerações iniciais | 19 |
| 1.2 Objetivos | 21 |
| 1.2.1 Objetivo geral..... | 21 |
| 1.2.2 Objetivos específicos..... | 21 |
| 1.3 Estrutura do trabalho | 21 |
| 2. Referencial Teórico | 22 |
| 2.1 Conceitos básicos e terminologias da acústica..... | 22 |
| 2.2 O som e suas propriedades | 22 |
| 2.2.1 Frequência | 25 |
| 2.2.2 Espectro sonoro | 26 |
| 2.2.3 Comprimento de onda | 27 |
| 2.2.4 Velocidade de propagação sonora | 28 |
| 2.2.5 Amplitude | 28 |
| 2.3 Nível de pressão sonora (NPS)..... | 29 |
| 2.3.1 Curva de ponderação A | 30 |
| 2.4 Os efeitos do ambiente no som..... | 31 |
| 2.4.1 Reverberação..... | 31 |
| 2.4.2 Absorção, reflexão, difusão e transmissão..... | 32 |
| 2.5 Ruído aéreo vs. ruído de impacto | 34 |
| 2.6 Som residual..... | 34 |
| 2.7 Condicionamento vs. isolamento acústico | 35 |
| 2.8 Breve esboço do mercado de beleza e estética no Brasil | 36 |
| 3. Metodologia | 39 |
| 3.1 Instituto de beleza e secador de cabelo | 39 |
| 3.2 Metodologia para determinação das soluções acústicas | 41 |
| 3.3 Determinação da potência sonora usando intensimetria acústica | 43 |
| 3.4 Modelagem do campo sonoro no interior do instituto | 46 |
| 4. Resultados e Discussão | 48 |
| 4.1 Níveis sonoros no interior do instituto | 48 |
| 4.2 Potência sonora do secador de cabelo com e sem silenciador | 50 |
| 4.3 Validação do modelo acústico | 50 |
| 4.4 Soluções acústicas | 51 |
| 5. Conclusão..... | 57 |
| Referências Bibliográficas | 58 |

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABIHPEC - Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos

dB – Decibel

FGV - Fundação Getúlio Vargas

GEM - Global Entrepreneurship Monitor

Hz – Hertz

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBQP - Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade

ISO - International Organization for Standardization

NBR - Normas Brasileiras

NPS - Nível de pressão sonora

NR – Norma Regulamentadora

OPAS - Organização Panamericana de Saúde

Pa - Pascal

PAIR - Perda Auditiva Induzida por Ruído

SEBRAE - Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 - Onda sonora em propagação..... | 22 |
| Figura 2.2 - NBR 10152 com valores de referência para ambientes internos de uma edificação de acordo com a suas finalidades de uso (continua) | 24 |
| Figura 2.3 - Faixa de frequência dos infrassons, sons audíveis e ultrassons..... | 26 |
| Figura 2.4 - Espectro da luz VS. Espectro Sonoro..... | 27 |
| Figura 2.5 - Exemplos de comprimentos de onda..... | 28 |
| Figura 2.6 - Velocidade de propagação sonora em diferentes meios..... | 28 |
| Figura 2.7 - Imagem ilustrativa da capacidade da audição em detectar diferentes amplitudes | 29 |
| Figura 2.8 - Locais/atividades VS. NPS | 29 |
| Figura 2.9 - Curva de ponderação A..... | 30 |
| Figura 2.10 - Ambiente reverberante vs. não reverberante | 31 |
| Figura 2.11 - Esquema: Reverberação..... | 32 |
| Figura 2.12 - Som incidindo em uma superfície..... | 32 |
| Figura 2.13 - Absorção, reflexão e difusão..... | 33 |
| Figura 2.14 - Materiais acústicos aplicados em um ambiente..... | 33 |
| Figura 2.15 - Ruído aéreo e de impacto..... | 34 |
| Figura 2.16 - Som residual..... | 35 |
| Figura 2.17 - Condicionamento vs. isolamento acústico..... | 36 |
| Figura 3.1 - Dimensões do instituto de beleza a ser condicionado acusticamente..... | 40 |
| Figura 3.2 - Ilustrações do interior do instituto..... | 40 |
| Figura 3.3 - Ilustração de um secador de cabelo e seus componentes | 41 |
| Figura 3.4 - Secador de cabelo e silenciador usados nas medições | 41 |
| Figura 3.5 - Medição de nível sonoro no interior do instituto | 42 |

| | |
|--|----|
| Figura 3.6 - Realização de ensaios de intensimetria para determinação da potência sonora do secador de cabelo..... | 43 |
| Figura 3.7 - Medição da intensidade sonora, (a) Esquema da medição com dois microfones (GERGES, 2000); (b) Sonda de intensimetria com os dois microfones | 44 |
| Figura 3.8 - Diferentes modos de varreduras de medição em todas as superfícies hipotéticas do volume de medição..... | 45 |
| Figura 3.9 - Modelo no <i>SketchUp</i> com as indicações dos elementos | 46 |
| Figura 3.10 - Modelo computacional acústico | 46 |
| Figura 4.1 - Secador de cabelo e medidor de NPS juntos à mesa de trabalho | 49 |
| Figura 4.2. Valores de potência sonora do secador de cabelo usado nas medições com e sem silenciador | 50 |
| Figura 4.3. NPS interior com o secador sem silenciador considerando as soluções propostas | 55 |
| Figura 4.4. NPS interior com o secador com silenciador considerando as soluções propostas | 56 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 3.1 - Valores de coeficiente de absorção sonora (α) para materiais no interior do instituto..... | 48 |
| Tabela 4.1 - Valores de NPS em dBA com secador desligado, ligado sem silenciador e com silenciador..... | 49 |
| Tabela 4.2 - Resumo comparativo dos resultados de teste e simulação com valores de NPS em dBA..... | 51 |
| Tabela 4.3 - Valores de coeficiente de absorção sonora (α) para soluções acústicas..... | 52 |
| Tabela 4.4 - Descrição das soluções propostas, soluções 1, 2, 3, 4, 5 e 6..... | 52 |
| Tabela 4.5 - Solução 01 - Substituir o forro comum por forro mineral OWAPlan. Área: 101,76 m ² | 53 |
| Tabela 4.6 - Solução 02 -Substituir o forro comum forro de madeira - Pannel Nexacustic. Área: 101,76 m ² | 53 |
| Tabela 4.7 - Solução 03 - Aplicar sob o forro comum placas acústicas Sonex illtec. Área: 101,76 m ² | 53 |
| Tabela 4.8 - Solução 04 - Aplicar sob o forro comum lã de vidro. Área: 101,76 m ² | 54 |
| Tabela 4.9 - Solução 05 - Aplicar nas paredes placas acústicas Sonex illtec. Área: 55,32m ² | 54 |
| Tabela 4.10 - Solução 06 - 1. Aplicar nas paredes placas acústicas Sonex illtec. Área: 55,32 m ² e 2. Aplicar sob o forro comum lã de vidro. Área: 101,76 m ² | 54 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O ruído presente nos ambientes de trabalhos resulta em estresses, desconforto aos colaboradores e clientes, perda de produtividade do colaborador e prejuízo ao empreendimento (CAHYANI *et al.*, 2020; QUTUBUDDIN *et al.*, 2012). Inclusive, estudos na indústria automobilística mostraram que o ruído resulta num impacto negativo na produtividade maior do que o problema de iluminação (AKBARI *et al.*, 2013).

Dependo dos níveis de exposição ao ruído, o desconforto pode levar o colaborador a uma situação mais grave, tal como a perda auditiva induzida por ruído (PAIR) (HILLESHEIM *et al.*, 2022). Em 2018, um estudo da Organização Mundial da Saúde (OMS) afirmou-se que a perda auditiva é a quarta maior causa de deficiência em todo o mundo, com um custo anual estimado de mais de 750 bilhões de dólares. Nesse estudo, estimou-se que havia cerca de 466 milhões de pessoas com incapacitação por perda auditiva no mundo. Esses fatos têm contribuído para o crescimento de uma consciência global sobre a necessidade de cuidados auditivos acessíveis em todas as regiões do mundo.

Não são raros os relatos de altos níveis de ruído em ambientes de trabalho. De acordo com literatura científica, vários trabalhos têm sido publicados sobre o tema. De acordo com o trabalho de Vieira *et al.* (2022), indústrias como a metalurgia e a tecelagem, bem como as atividades desenvolvidas em lavanderias, serralherias e marcenarias, estavam associadas à maior exposição sonora ruidosa. Os autores concluem que essa enfermidade ocupacional deve ser prevenida, uma vez que os danos são irreversíveis, podendo gerar aposentadorias precoces.

Nos institutos de beleza também surgem problemas de saúde ocupacional. No estudo de Borges (2016) foi feito um estudo de as condições de trabalho de cabeleireiros, manicures e pedicures de 03 salões de beleza de pequeno porte, identificando os riscos ergonômicos, de ruído, biológicos e químicos que estes profissionais estão expostos). Nesse estudo constatou-se a presença de altos níveis de ruído, e um salão apresentou ruído superior ao permitido pela NR-15 para 8 horas de exposição, ou seja, acima de 85 dB.

Magalhães (2018) realizou uma pesquisa e exames audiológicos com cabelereiros e verificou que há um número considerável de queixas auditivas e não-auditivas

compatíveis com o ruído do secador de cabelo, que é um equipamento bastante utilizado, pois auxilia na escova, secagem e modelagem do cabelo (SILVA; PINTO, 2016).

O uso do secador de cabelo pode resultar estresse muscular pela frequência do manuseio e desconforto devido à exposição ao ruído gerado pelo equipamento. Com a intensa atividade, o desconforto pode gerar a perda de produtividade do colaborador, acarretando prejuízo ao empreendimento e principalmente à saúde do colaborador, pois o desconforto pode evoluir para uma lesão por esforço repetitivo ou perda auditiva induzida por ruído.

Em um secador de cabelo manual típico, o ar passa por várias partes do secador, o que, em muitos aspectos, pode ser comparado a um mini aeromotor. Até mesmo as fontes de ruído são semelhantes às de um aeromotor (AKHMETOV *et al.*, 2014). O ruído em um secador de cabelo é gerado por um ventilador em sua entrada, pela exaustão do jato de ar na saída e pelo fluxo de ar que se propaga sobre várias obstruções em sua trajetória, que incluem seu elemento de aquecimento, as grelhas dianteira e traseira e os filtros de ar.

Procedimentos para atenuação do ruído em secadores de cabelo incluem ações na fonte, na trajetória e no receptor. Uma ação na fonte é alterações geométricas no interior do equipamento, reduzindo estrangulamentos e o fluxo turbulento do ar (MONDADORI, 2009), fazendo com que ruído aerodinâmico seja atenuado. Ações na trajetória incluem uso de silenciadores dissipativos (que fazem uso de material absorvente acústico), assim como mudanças no layout do salão com adição de material absorvente acústico nas paredes e teto para uma readequação do campo acústico no interior do recinto, ou seja, um condicionamento acústico no ambiente.

Para evitar problemas de tentativa e erro, reprojeto, em alterações no recinto para um condicionamento acústico, um procedimento é buscar a solução ótima de forma virtual, experimentando virtualmente todas as opções de diferentes layouts de disposição dos painéis absorvedores acústicos. Como por exemplo no trabalho de Bastos *et al.* (2021) buscou-se virtualmente uma melhor disposição dos painéis absorvedores acústicos em uma sala de aula visando melhorar a inteligibilidade da fala no interior do recinto.

Diante do exposto acima, este trabalho apresenta um estudo de caso de simulação numérica de condicionamento acústico em um instituto de beleza sujeito ao ruído devido aos secadores de cabelo. A simulação numérica foi feita por meio de software Odeon em modelo acústico do instituto validado por medições de nível de pressão sonora. Na modelagem são inseridas as atenuações acústicas dos silenciadores de ruído de secadores,

assim como, diferentes disposições de materiais absorvedores acústicos para prover a melhor solução acústica para o interior do instituto.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Apresentar soluções para condicionamento acústico de um instituto de beleza por meio de simulação computacional.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o nível sonoro dentro do instituto de beleza;
- Desenvolver modelo do campo acústico no interior do salão causado pelo ruído dos secadores de cabelo;
- Avaliar diferentes absorvedores acústicos para o interior do instituto de beleza.
- Avaliar a redução de ruído de silenciadores de secadores de cabelo.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividido em cinco capítulos que discorrem sobre o tema escolhido como intuito de alcançar os objetivos traçados. Após o presente capítulo, os demais estão dispostos como segue abaixo.

O segundo capítulo trata do referencial teórico, onde foram abordados conceitos básicos e terminologias da área de acústica, assim como um breve esboço do mercado de beleza e estética no Brasil.

No terceiro capítulo tratou-se da metodologia do trabalho. Foram descritas as dimensões e materiais do instituto de beleza alvo de estudo, método da intensimetria acústica e o método de desenvolvimento do modelo acústico do instituto.

No quarto capítulo foram contemplados os resultados e discussões, sendo mostrado os resultados das medições no interior do instituto; o modelo acústico gerado do instituto no software Odeon descrevendo a situação atual e com as soluções acústicas simuladas (uso de silenciadores e instalação de absorvedores acústicos). Por fim, o quinto capítulo trata das conclusões assim como sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCEITOS BÁSICOS E TERMINOLOGIAS DA ACÚSTICA

Pode compreender a acústica como a ciência responsável pelo “estudo do som/ruído e sua propagação, podendo ocorrer em meio líquidos, gasosos ou sólidos, e suas relações com o ser humano” (REMORINI *et al*, 2021).

2.2 O SOM E SUAS PROPRIEDADES

O som pode ser conceituado como uma variação de pressão em torno da pressão atmosférica que acontece em períodos regulares e pode ser percebido pelo sistema auditivo humano. O som se propaga por ondas em meios como o ar, a água e os sólidos, podendo ser caracterizado por sua frequência e amplitude (SILVA, 2022).

Figura 2.1. Onda sonora em propagação.



Fonte: Silva (2022).

De forma constante o som está presente na vida do ser humano. As ondas sonoras carregam informações e os sons produzidos por elas são de suma importância para se estabelecer a comunicação.

O som, pelo fato de transmitir em função de vibrações acaba sendo de suma importância conhecer quais materiais são vibrantes e quais são densos.

O ruído, por sua vez, consiste no som que é sentido e/ou caracterizado como algo indesejável, podendo também ser interpretado como desagradável variando bastante do contexto e receptor/usuário do local, e a partir de determinado ponto ele pode inclusive

provocar a perda de audição, incômodo, stress dentre outras problemáticas (BISTAFA, 2018). Logo, é considerado como ruído “qualquer fonte sonora que interfira na atividade de determinado ambiente interno ou externo” (SILVA, 2011). Diante disso, mesmo sendo entendido como um som incômodo não necessariamente, de acordo com Silva (2011) precisa ser eliminado dos ambientes, pois ele desempenha papel fundamental na inteligibilidade da palavra.

O ruído pode não representar perigo num primeiro momento, mas pode causar acidentes de trabalho e doenças ocupacionais de diferentes formas, uma delas, por exemplo, pode ser a perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) que é a perda, do tipo neurossensorial, decorrente da exposição por tempo prolongado ao ruído, geralmente bilateral, irreversível e progressiva.

Pode-se dizer que o acidente de trabalho decorre de um evento causado por agente externo significa que o mal que atinge o indivíduo não lhe é congênito, nem se trata de enfermidade preexistente. Observe-se que, neste ponto, não se entende por exterioridade a impossibilidade de que o fato tenha sido provocado pela vítima. A partir da inclusão das prestações por acidente de trabalho no âmbito da Previdência Social, está-se diante da teoria do risco social, segundo a qual é devido o benefício, independentemente da existência de dolo ou culpa da vítima.

Diante disso, os acidentes de trabalho ainda são os maiores desafios para a saúde do trabalhador, nos dias de hoje e para o futuro. Nas palavras concedidas pela Organização Panamericana de Saúde – OPAS (2006) estes desafios estão relacionados “aos problemas de saúde ocupacional, com as novas tecnologias, novas substâncias químicas, problemas relacionados com a crescente mobilidade dos trabalhadores e ocorrência de novas doenças ocupacionais”.

Portanto, os trabalhadores são as vítimas que estão em maior evidência nos acidentes do trabalho e esses acidentes podem ser identificados visualmente por um simples curativo num dedo, um braço ou uma perna engessada (ZOCCHIO, 2001 apud CISZ, 2015).

A prevalência da Perda Auditiva Induzida por Ruído (PAIR) no meio de trabalho trata-se da perda de audição e pode prejudicar a qualidade de vida do trabalhador, afetando as relações sociais, de comunicação e de trabalho. Dessa forma, sempre é importante destacar ações preventivas e coletivas que visem à conservação auditiva e da saúde em geral, preservando assim a qualidade de vida destes (TIAGO; ARAÚJO, 2013).

Na NBR 10152 são elencados os níveis de pressão sonora em decibéis (dB) de acordo com o recinto, pois quando há “exposição excessiva a sons de alta intensidade por

longa duração pode causar danos psicológicos e físicos irreversíveis” (CARVALHO, 2010).

Figura 2.2. NBR 10152 com valores de referência para ambientes internos de uma edificação de acordo com a suas finalidades de uso (continua).

| Finalidade de uso | Valores de referência | | |
|--|-----------------------|----------------------|-----------|
| | RL_{Aeq} (dB) | RL_{ASmax} (dB) | RL_{NC} |
| Aeroportos, estações rodoviárias e ferroviárias | | | |
| Áreas de <i>check-in</i> , bilheterias | 45 | 50 | 40 |
| Salas de embarque e circulações | 50 | 55 | 45 |
| Centros comerciais (<i>shopping centers</i>) | | | |
| Circulações | 50 | 55 | 45 |
| Lojas | 45 | 50 | 40 |
| Praças de alimentação | 50 | 55 | 45 |
| Garagens | 55 | 60 | 50 |
| Clínicas e hospitais | | | |
| Berçários | 35 | 40 | 30 |
| Centros cirúrgicos | 35 | 40 | 30 |
| Consultórios | 35 | 40 | 30 |

Fonte: Silva (2022).

Por fim, o ruído torna-se um conceito subjetivo não existindo definição única. Em acústica, a palavra ruído geralmente é relacionada a sons não desejados ou desagradáveis. O RL_{Aeq} é o nível de pressão sonora. O RL_{ASmax} o valor máximo medido durante um determinado período de tempo.

É possível fazer, também, distinção entre sons desejáveis e sons indesejáveis. Bistafa (2018) define ruído como sendo, um som que não apresenta harmonia, geralmente com conotação indesejável ou negativa. Porém Borges e Rodrigues (2017) vão além e afirmam que o uso do termo ruído como sinônimo de som indesejado não é tecnicamente correta. Os autores definem ruído como uma oscilação acústica aperiódica originada da soma de várias oscilações em diferentes frequências, definindo um som com conotação indesejável ou negativa como sendo barulho. Apesar da advertência de Borges e Rodrigues, para os fins deste trabalho, ruído e barulhos serão tratados como sinônimos.

Segundo Carvalho (2006) diversos estudos ao longo dos anos associaram altos níveis de ruído com problemas de saúde, sendo extensa a bibliografia sobre os efeitos prejudiciais à saúde causados por altos níveis de barulho ou ruído.

Entre os principais problemas causados pelo excesso de ruídos, estão:

- Perda parcial ou total da audição;

- Problemas gastrointestinais e cardiovasculares decorrentes das sucessivas contrações musculares;
- Problemas respiratórios e de secreções hormonais;
- Distúrbios no sistema nervoso;
- Perda do sono;
- Falta de concentração;
- Baixa produtividade;
- Transtornos Psicológicos;
- Hipertensão;
- Insatisfação e Baixa produtividade no trabalho;
- Redução da performance cognitiva.

A urbanização cada vez mais acelerada, vem fazendo com que a intensidade média do ruído, bem como a frequência a quais somos expostos a eles aumente a níveis nunca antes imaginados, fazendo com que estes estejam presentes em praticamente todas as horas do dia, seja nas atividades de trabalho, lazer ou durante o descanso. Fazendo com que o ruído o seja a principal causa de reclamações de desconforto ambiental, em especial o ruído causado pelo trânsito de veículos e pessoas, e os causados pela vizinhança (MUZET, 2007).

2.2.1 Frequência

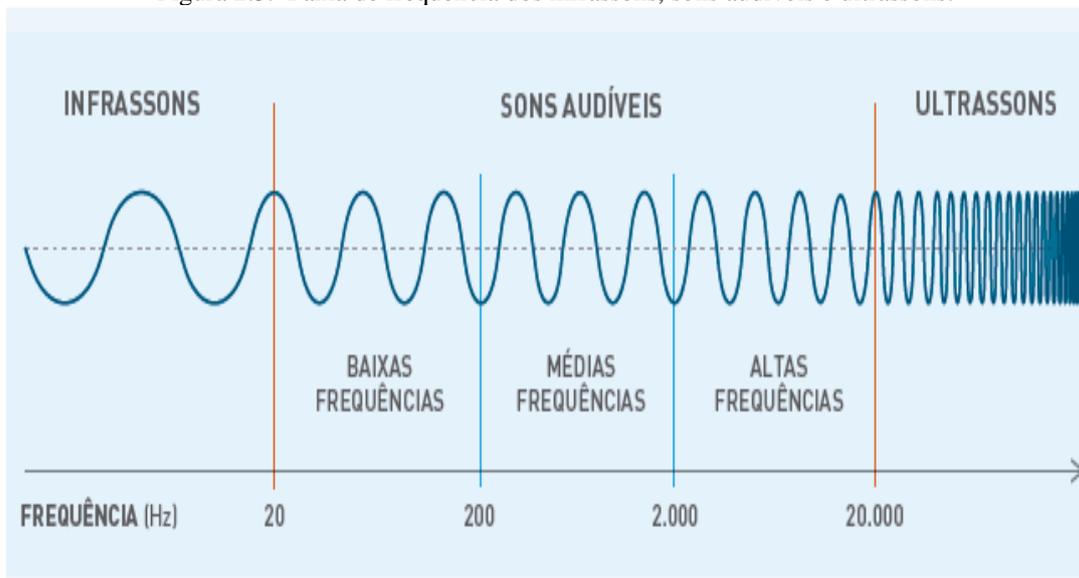
O som se alastra através de ondas com uma determinada repetição periódica, por meio da rarefação e compressão das partículas do meio. A taxa desta repetição acaba definindo a frequência e também é quem determina se serão ouvidos sons mais graves ou agudos (CARVALHO, 2010).

A unidade utilizada para quantificar a frequência é chamada de Hertz (Hz), que significa o número de repetições periódicas que ocorrem por segundo. Por exemplo, na frequência de 1 Hz a repetição ocorre uma vez a cada segundo (COSTA, 2019).

O ser humano não tem a capacidade para ouvir todas as frequências que existem na natureza. Em média, se começa a escutar sons com frequências a partir de 20 Hz e já não se consegue mais escutar os sons quando estão acima de 20.000 Hz. Os sons com frequências inferiores a 20 Hz recebem o nome de infrassons e os acima são conhecidos como 20.000 Hz, ultrassons.

Para deixar mais simples, as frequências audíveis na maioria das vezes são classificadas em baixas frequências, entre 20 Hz e 200 Hz; médias frequências, de 200 Hz a 2.000 Hz; e altas frequências, de 2.000 Hz a 20.000 Hz.

Figura 2.3. Faixa de frequência dos infrassons, sons audíveis e ultrassons.

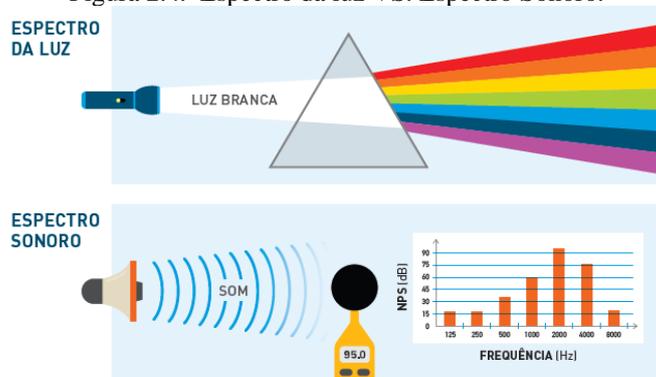


Fonte: Silva (2022).

2.2.2 Espectro sonoro

Assim como a luz, os sons podem ser decompostos em faixas de frequências. No caso da luz branca, esta decomposição resulta nas cores que vemos em um arco-íris. Por outro lado, o som resulta no que se conhece como espectro de frequências (KUHN, 2015).

Figura 2.4. Espectro da luz VS. Espectro Sonoro.



Fonte: Silva (2022).

Portanto, quando Isaac Newton fez uso de um prisma e decompôs a luz pela primeira vez, acabou se assustando com a imagem colorida e a chamou de espectro (que

quer dizer "fantasma" em latim). Desde então, este termo vem sendo utilizado para caracterizar a composição do som (KUHN, 2015).

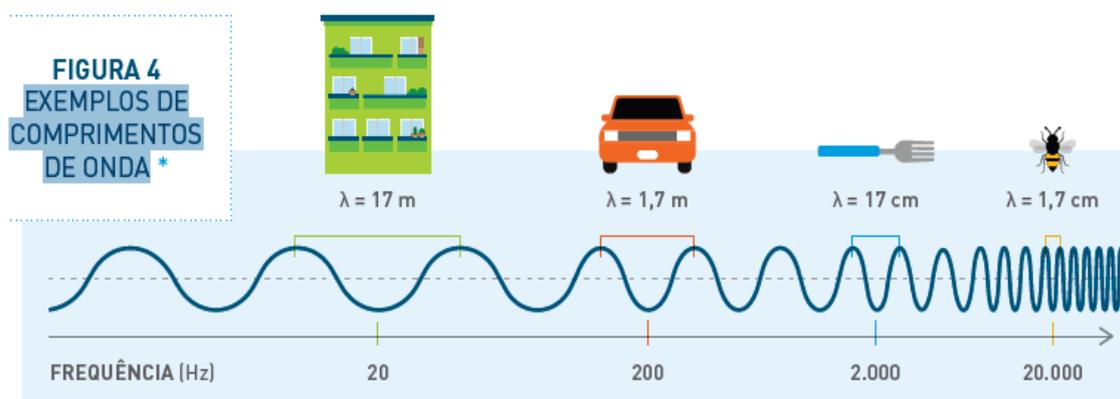
2.2.3 Comprimento de onda

As ondas sonoras se mostram por meios de diferentes comprimentos para cada frequência. O símbolo grego λ (lambda) é usado para representar o comprimento de onda. Para os sons audíveis, quando são propagados no ar, este comprimento pode apresentar variação de aproximadamente 1,7 centímetros – como o tamanho de uma abelha – até mais de 17 metros – se aproximando ao tamanho de um prédio de 6 andares (GONÇALVES; SANTOS; MENEZES, 2020).

$$\text{Comprimento de onda } (\lambda) = \frac{\text{Velocidade do som}}{\text{Frequência}}$$

A frequência e o comprimento de onda estão relacionados de forma inversa, assim sendo, quanto maior a frequência menor será o comprimento de onda.

Figura 2.5. Exemplos de comprimentos de onda.

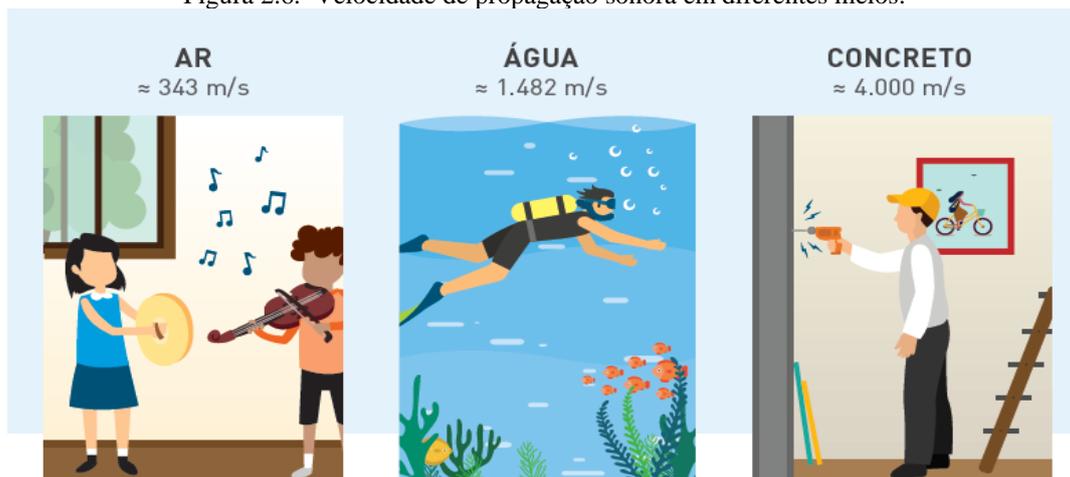


Fonte: Silva (2022).

2.2.4 Velocidade de propagação sonora

O som se espalha em velocidades diferentes nos mais diferentes meios. Quando está em meios sólidos, a propagação do som ocorre de forma mais rápida que no ar. Por exemplo, quando um trem se aproxima, primeiro o que se sente são as vibrações nos trilhos, e logo em seguida as vibrações no ar (SARTORI, 2016).

Figura 2.6. Velocidade de propagação sonora em diferentes meios.



Fonte: Silva (2022).

2.2.5 Amplitude

O som se espalha por meio de variações de pressão no meio, ou seja, quanto maior for esta variação, maior acaba sendo sua amplitude – geralmente expressa em Pascal (Pa). O ser humano tem a capacidade de ouvir uma variação de pressão sonora (amplitude) da ordem de 0,00002 Pa a 200 Pa, ou seja, uma variação de 10 milhões de vezes. Assim, o sistema auditivo pode ser comparado a uma balança que tem a capacidade de pesar uma maçã, um elefante e uma montanha (COSTA, 2019).

Figura 2.7. Imagem ilustrativa da capacidade da audição em detectar diferentes amplitudes.



Fonte: Silva (2022).

2.3 NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (NPS)

O nível de pressão sonora, é expresso em decibel (dB), quando consiste em uma escala que tem ligação de forma logarítmica a pressão sonora medida com uma outra de referência. Usualmente, esta referência significa a pressão sonora a partir da qual o ser humano começa a escutar os sons (20 μPa). A escala logarítmica é usada para facilitar a representação e cálculos da pressão sonora. Importante lembrar que é possível ter variações da ordem de até 10 milhões de vezes.

Figura 2.8. Locais/atividades VS. NPS.

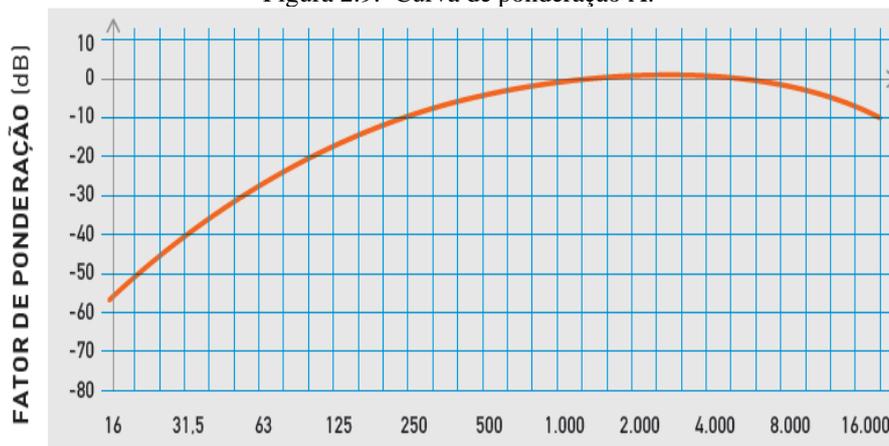


Fonte: Silva (2022).

2.3.1 Curva de ponderação A

O ser humano não tem a capacidade de perceber da mesma forma amplitudes das frequências graves, médias e agudas. Para compensar essa diferença na percepção foi criada uma curva de ponderação em frequência, ela é comum de ser chamada de curva de ponderação A. Esta curva é bastante usada para realizar análises acústicas como, por exemplo, na legislação de avaliação do incômodo e saúde ocupacional por melhor representar a audição do ser humano (SIMÕES, 2011).

Figura 2.9. Curva de ponderação A.



Fonte: Silva (2022).

A Saúde Ocupacional é, ou pelo menos deveria ser uma das principais pautas no que diz respeito à prioridade para os empregados e seus empregadores. Toda profissão tem seu risco, mas há aquelas que apresentam riscos menores a outras, mas toda e qualquer profissão está sujeita a riscos ocupacionais, e as condições de trabalho estão entre os principais riscos, principalmente quando interfere no bem-estar da saúde e segurança do trabalhador (GUGLIELMI, 2010).

Há algumas particularidades sobre a saúde ocupacional, ou seja, é preciso lembrar que esta não somente diz respeito ao cuidar das condições físicas do trabalhador, mesmo que já trate da questão psicológica. No ponto de vista dos empregadores, a saúde ocupacional serve como um suporte ao aperfeiçoamento do funcionário e principalmente consegue conservá-lo para sua capacidade de trabalho.

“Sendo assim, consideramos que saúde ocupacional está relacionada à promoção e proteção do bem-estar geral do trabalhador, garantindo a saúde e a segurança do mesmo, proporcionando qualidade de vida no ambiente de trabalho” (SILVIA, 2005 apud VALENTE e GOMES, 2010, p. 5).

2.4 OS EFEITOS DO AMBIENTE NO SOM

2.4.1 Reverberação

A reverberação sonora em espaços fechados apresenta-se como um fenômeno que acontece quando o som permanece no ambiente quando o mesmo é refletido em paredes, pisos, tetos e demais superfícies. Os materiais de absorção, a mobília e até mesmo as

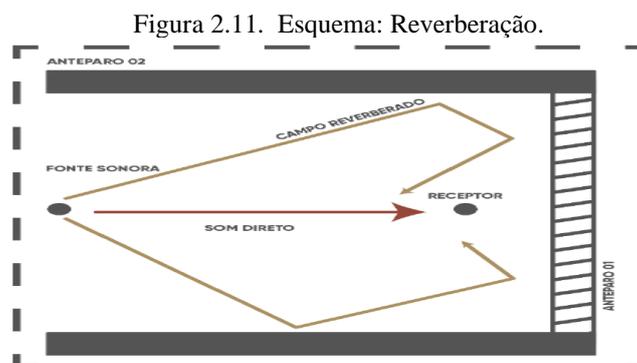
peças presentes podem contribuir significativamente em geral, para reduzir esse efeito da reverberação (SILVA, 2022).

Diante disso, quanto maior for o volume do ambiente e quanto menos absorção sonora se encontrar naquele ambiente, maior será a reverberação. Por exemplo, pode-se ilustrar um apartamento ou casa nova que não possui mobília pode ser reverberante. Depois que o ambiente está mobiliado já pode ser possível ter a percepção que a reverberação diminuiu significativamente (SILVA, 2022).



Fonte: Silva (2022).

Em um ambiente reverberante, normalmente, acaba sempre surgindo uma dificuldade para se compreender a fala, pois as sílabas das palavras ficam sobrepostas pelas anteriores, por causa das diversas reflexões sonoras. A solução deste problema não depende do ouvinte, mas do comportamento do som que existe no local. Por isso, é de suma importância o condicionamento acústico (SILVA, 2022).

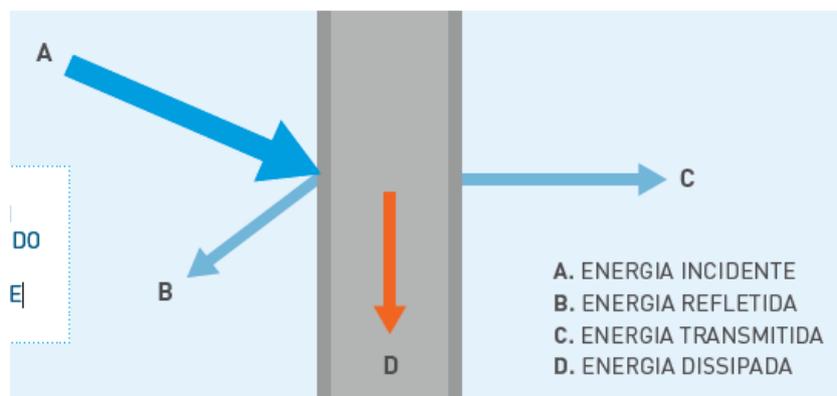


Fonte: Silva (2022).

2.4.2 Absorção, reflexão, difusão e transmissão

Quando se atinge uma superfície, as ondas sonoras apresentam parte de sua energia absorvida (dissipada), parte refletida e parte transmitida por ela.

Figura 2.12. Som incidindo em uma superfície.



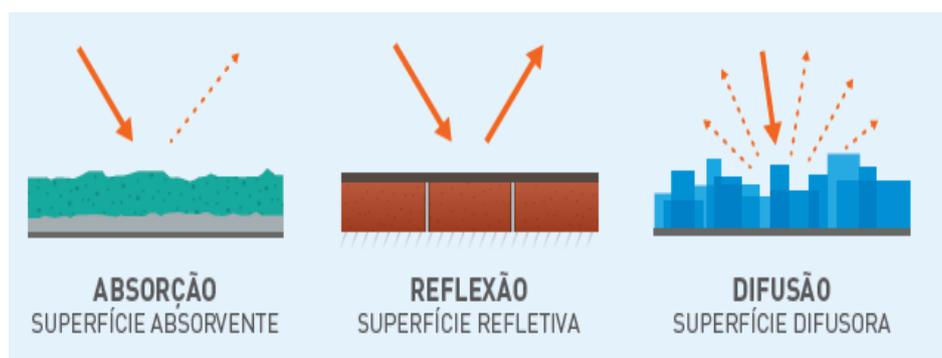
Fonte: Silva (2022).

A absorção sonora está relacionada a capacidade do material de espalhar a energia do som. Materiais fonoabsorventes são, na maioria das vezes, fibrosos ou porosos como lãs minerais, espumas etc (SILVA, 2022).

A parte da energia sonora que recai sobre um material e retorna ao ambiente é chamada de reflexão. Os materiais refletivos apresentam superfícies rígidas, entre eles podem ser citados os blocos cerâmicos ou de concreto, vidros etc (SILVA, 2022).

A difusão consiste em um tipo específico de reflexão em que a onda sonora recai sobre uma superfície irregular, que acaba espalhando a energia sonora no ambiente em variadas direções. Elementos difusores apresentam-se de formas irregulares e podem ser projetados para atuarem de forma específica no condicionamento do som em um ambiente (RIBEIRO, 2020).

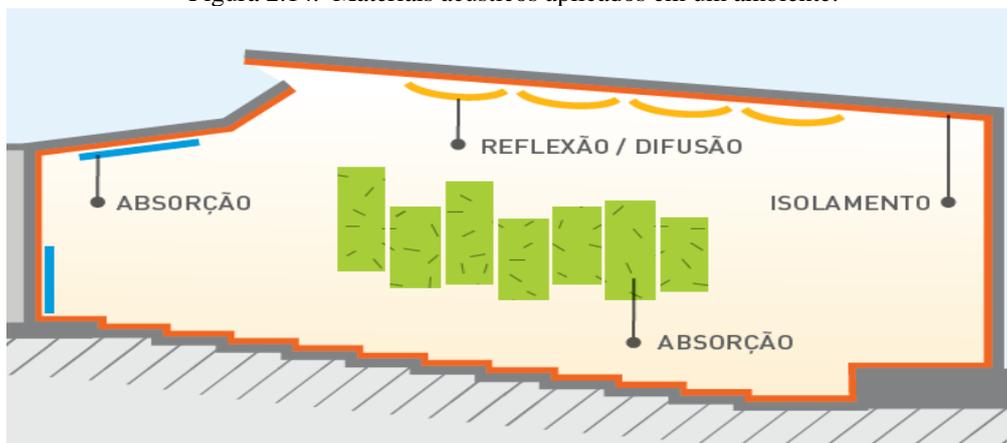
Figura 2.13. Absorção, reflexão e difusão.



Fonte: Silva (2022).

O som transmitido por um elemento está relacionado diretamente à parte da energia sonora que não foi absorvida e também não foi refletida. Se preciso for evitar a transmissão sonora de um ambiente para outro é de suma importância fazer uso de materiais/ sistemas de isolamento acústico (RIBEIRO, 2020).

Figura 2.14. Materiais acústicos aplicados em um ambiente.

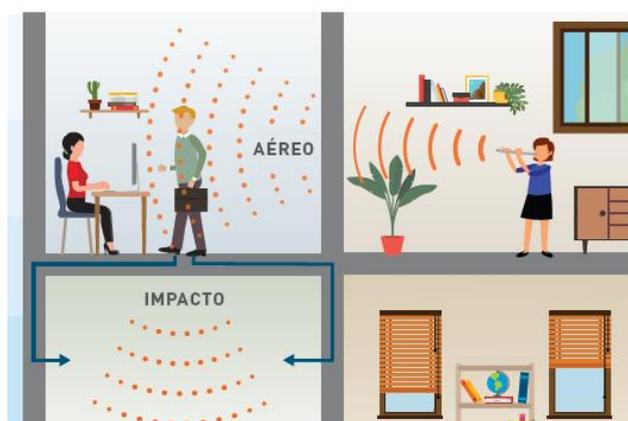


Fonte: Silva (2022).

2.5 RUÍDO AÉREO VS. RUÍDO DE IMPACTO

Nos ambientes de trabalho, o ruído pode ser transmitido pelo ar ou pela estrutura, porém, o que o classifica como aéreo ou de impacto consiste na sua origem. Ruídos gerados no ar, como conversas e músicas, são considerados aéreos. Ruídos causados pelo impacto direto na estrutura, como passos, queda de objetos, arraste de móveis e marteladas são considerados de impacto (RIBEIRO, 2020).

Figura 2.15. Ruído aéreo e de impacto.



Fonte: Silva (2022).

2.6 SOM RESIDUAL

O som residual, que de forma bastante comum é conhecido como ruído de fundo, consiste no som existente em um local quando não tem a presença das fontes sonoras de interesse. Os ambientes são influenciados através do som residual, ou seja, ele é proveniente tanto do meio externo como do interno como pode ser ouvido em edificações habitacionais, escolas, teatros, aeroportos etc (RIBEIRO, 2020). Alguns exemplos de fontes sonoras que podem compor o som residual são:

- Rodovias e ferrovias;
- Sobrevoos de aeronaves;
- Sistemas de ventilação;
- Sistemas de ar condicionado;
- Instalações hidrossanitárias;
- Conversas.

Figura 2.16. Som residual.



Fonte: Silva (2022).

2.7 CONDICIONAMENTO VS. ISOLAMENTO ACÚSTICO

Os termos condicionamento e isolamento acústico são relacionados a duas abordagens complementares para a adequação acústica de ambientes.

O condicionamento acústico tem ligação direta com a qualidade acústica interna dos ambientes, ou seja, estão concentrados especificamente na modelagem das propriedades de absorção, reflexão e difusão dos materiais utilizados.

Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) de acordo com o exposto na NBR 12179 (normativa brasileira responsável pelo tratamento acústico em recintos fechados), o condicionamento acústico tem como principal característica se

apresentar como um processo responsável que consiste na busca de um tempo ótimo de reverberação, e se houver necessidade, atua pela distribuição adequada do som. Contudo, o isolamento acústico, da mesma forma como é apontado pela normativa, é o procedimento que procura eliminar a entrada ou saída, de ruídos ou sons, de um ambiente.

O isolamento acústico, por sua vez, diz respeito a capacidade dos materiais em diminuir a transmissão sonora entre dois recintos, tanto de dentro para fora como de fora para dentro do ambiente.

Diante disso, é possível confirmar que o isolamento acústico, tem como objetivo impedir que os sons externos adentrem no ambiente, e vice-versa. Para isso, dois tipos de isolamento precisam ser verificados, e por isso usa-se a concepção de Amorim e Licarão (2005), quando eles falam que o aéreo que é aplicado quando o ruído/som é propagado pelo ar, sendo a sua utilização dependente da frequência do som incidente, e das propriedades construtivas da parede, que quanto mais densa, mais eficiente é o isolamento; o isolamento de impacto, ocorre quando o ruído é transmitido através dos meios sólidos. Portanto, a aplicação do isolamento acústico, conforme a NBR 12179 ocorre por meio do uso adequado de materiais que possibilitam ao ambiente, impermeabilidade acústica.

Figura 2.17. Condicionamento vs. isolamento acústico.



Fonte: Silva (2022).

2.8 BREVE ESBOÇO DO MERCADO DE BELEZA E ESTÉTICA NO BRASIL

O mercado da estética é um dos que mais crescem no Brasil e no mundo. Atualmente, os serviços de beleza são tão procurados pelas mulheres, quanto pelos homens, que mesmo em tempo de crise, não deixam de cuidar do bem-estar e elevar a autoestima.

De acordo com um levantamento feito pela Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC) juntamente com o Instituto FSB Pesquisa, o Brasil se tornou o terceiro país com o maior mercado de estética no mundo, ficando atrás, apenas, dos Estados Unidos, que têm 16,5% e da China com 10,3%. Outro levantamento que foi feito pela Pesquisa de Beleza e Cuidados Pessoais da Euromonitor, apontou que até o ano de 2020 o Brasil terá um aumento acumulado que chegará a 14,3%, uma média de 2,7% a cada ano (DINO, 2018).

Com o mercado em alta, cresce o número de profissionais de estética que desejam empreendedor no setor. Muitos deles ao invés de trabalhar em clínicas de estética, decidem montar o próprio negócio, abrindo novas clínicas ou espaços de estética em sua própria casa, para atender aos clientes.

O profissional que decide por montar o espaço de estética em sua própria casa, tem um custo menor de investimento inicial, que é uma das alternativas que mais atrai empreendedores atualmente para iniciar o negócio, com um risco menor, já que a maioria desses profissionais começam o negócio com muito pouco dinheiro para investir (DINO, 2018).

Dados do Brasil no GEM (2012) revelam que em 2002, 42% das pessoas abriam uma empresa acreditavam que havia uma demanda no mercado, enquanto os demais empreendiam apenas por necessidade, principalmente por não encontrar emprego. Em 2013, esse índice que mede o empreendedorismo por oportunidade subiu para 71%, ou seja, os empreendedores estão acreditando no seu negócio, buscando oportunidades e nichos de mercado para se inserirem.

Uma pesquisa feita pela GEM (2012), em 68 países que no Brasil, é patrocinada pelo SEBRAE e realizada pelo Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade (IBQP), em parceria com a Fundação Getúlio Vargas (FGV). Ouviram 10 mil pessoas de 18 a 64 anos, de todas as regiões, e 85 especialistas em empreendedorismo.

Constatou que o melhor desempenho no ranking de empreendedorismo por oportunidade foi conquistado pelo Brasil entre os países que fazem parte do BRICS (Brasil, Rússia, China, Índia e África do Sul). Quase metade dos novos empreendedores tem pelo menos o segundo grau completo. Entre os novos empresários que estão cursando ou já completaram o ensino superior, 92% iniciaram o negócio por oportunidade. Segundo Luiz Barretto, presidente do SEBRAE, o aumento da escolaridade é um dos fatores que mais fortalecem o empreendedorismo no País.

O aumento da escolaridade contribui para que o índice de sobrevivência das empresas continue se expandindo nos últimos anos. De acordo com dados do SEBRAE,

76% dos pequenos negócios conseguiram superar a barreira de dois anos de atividade. Atualmente, os negócios com faturamento anual de até R\$ 3,6 milhões representam 99% das empresas brasileiras: um contingente de aproximadamente 8,3 milhões de CNPJ. Estima-se que esse segmento cresceu o dobro do ritmo da economia brasileira em 2013, em torno de 4%.

Nos tempos atuais, é de fundamental importância construir uma boa imagem pessoal, principalmente no que diz respeito a valorização do indivíduo no mercado de trabalho e no convívio social. Para Vaz (2007, p. 15) “Uma imagem pessoal positiva é aquela que independente do seu estilo de vida leva em consideração os ambientes em que você a insere (determinando o grau de formalidade ou casualidade do local) e o que realmente quer ou precisa dizer”. Por outro lado, Padilha (2007, p. 150) “A imagem pessoal é um conjunto de valores atribuídos a uma pessoa pelos outros. É construída a partir da avaliação que os outros fazem das características, qualidades e defeitos que uma pessoa apresenta”.

Em se tratando de mercado de trabalho, a imagem pessoal da pessoa tem muito valor, é o seu cartão de visitas, e num mundo tão moderno como esse, os grandes ou as grandes empresárias são mulheres que tem uma imagem pessoal altamente positiva. E acaba usando seu poder pessoal para posteriormente atingir seus objetivos e superar quaisquer barreiras que possam surgir, pois já construíram uma base sólida que não se rompe ou é ferida por qualquer dificuldade que vier a surgir no dia-a-dia.

A construção de uma boa imagem pessoal dependerá de algumas variáveis, e uma das mais importantes é aparência física que através do recurso maquiagem pode-se auxiliar na formação da imagem desejada ou no aprimoramento de uma imagem já existente. As opções no mercado de produtos de maquiagem, com efeito, de embelezamento e correção são inúmeros e com características distintas (PADILHA, 2007, p. 152).

O mercado da beleza tem, hoje, uma roupagem diferente, que pode ser encontrada em vários segmentos: lojas especializadas, supermercados, farmácias etc. Os produtos, desde os de gênero alimentício até os de higiene pessoal, são colocados em lugares visíveis e de fácil acesso, para que sejam lembrados em qualquer tipo de compra.

Essa profissão tem se destacado bastante, pois o brasileiro continua vaidoso e a consequência dessa característica é o crescimento e inovação constantes do mercado ligado à estética e à beleza. Só em 2017, enquanto alguns setores sofriam com a crise econômica, a área da beleza teve um crescimento real entre 1,5% e 2,5%, segundo a Associação Brasileira de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABHPP). Números

que devem ser ainda maiores nos próximos anos, segundo projeção da própria Associação.

Para o público infantil, os salões oferecem inúmeras diversões para atraí-lo, como *playgrounds*, *videogames* e lanches. Alguns oferecem até salão de festas. Nota-se que esse público já tem como características o excesso no consumo e a exigência (LEÃO, 2013).

Geralmente, os homens que procuram os serviços ligados à estética não querem ser vistos ou têm vergonha de dividir o espaço com as mulheres. Nesse sentido, abre-se o espaço para empreender um excelente negócio dentro do mercado da beleza e captar uma nova gama de clientes.

É importante ressaltar que o público masculino tem como características básicas a exigência e a fidelidade, por isso o ambiente exclusivo para ele é cheio de particularidades. Quando do atendimento ao público masculino, a ideia é fazer com que o cliente se sinta à vontade, valorizado em um ambiente todo planejado para ele, podendo usufruir de serviços como limpeza de pele, sauna, massagem, *designer* de sobrancelhas, coloração, corte, barba, acompanhados de cerveja, petiscos e jogos.

Com relação aos idosos, ainda são poucas as empresas que têm um espaço dedicado a eles, porém esse nicho deve crescer, pois estudos indicam que idosos vão ser maioria em 2020 (ABIHPEC, 2013).

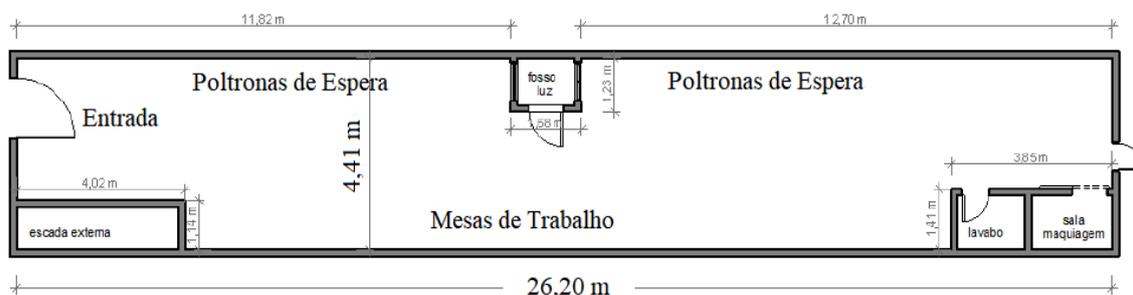
3 METODOLOGIA

3.1 INSTITUTO DE BELEZA E SECADOR DE CABELO

O Instituto de beleza, estudo de caso, localiza-se na cidade de Imperatriz no estado do Maranhão, região nordeste do país. A cidade localiza-se na região metropolitana do sudoeste maranhense, e sua população é estimada em 273.027 habitantes (IBGE, 2022), sendo, assim, o segundo município mais populoso do estado maranhense, ficando atrás somente da capital, São Luís.

O Instituto possui um formato retangular, medindo 4,41m de frente por 26,20 m de comprimento, conforme Fig. 3.1. De acordo com a Fig. 1, à direita da porta de entrada estão a recepção e as mesas de trabalho. Do lado esquerdo da entrada estão as poltronas de espera conforme pode ser observado nas Figs. 3.1 e 3.2.

Figura 3.1. Dimensões do instituto de beleza a ser condicionado acusticamente.

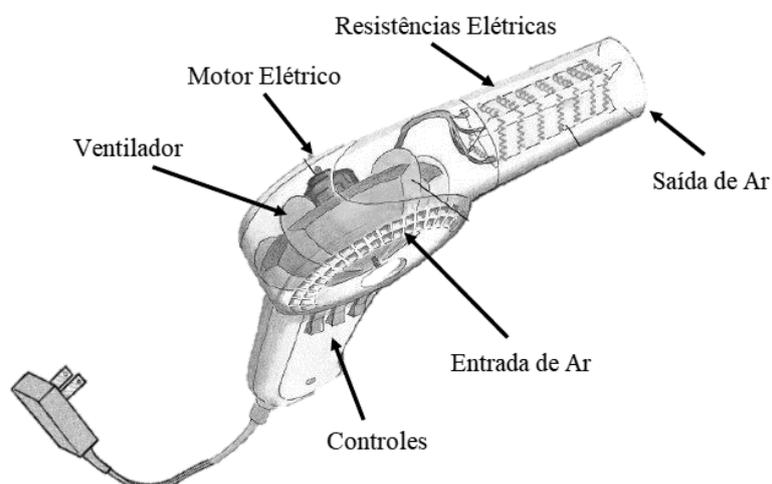


Nos dias de trabalho, o ambiente proporciona um alto nível de ruído trazendo desconforto aos presentes no recinto. As principais fontes de ruído no interior do instituto são as próprias pessoas conversando e, principalmente, os secadores de cabelo. Esses equipamentos possuem um ventilador centrífugo (também referenciado como ventoinha) que puxam o ar externo para seu interior e esse ar passa por resistências elétricas aquecidas fazendo com que o ar saia aquecido sob pressão. Os secadores possuem vários componentes que podem ser considerados como fontes de ruído. O ruído gerado pelo equipamento é composto pelo ruído do jato de ar, ruído do ventilador, ruído do motor elétrico, ruídos criados pelo elemento de aquecimento (resistências), pelas grelhas dianteira e traseira e pelo filtro de ar. Alguns desses elementos podem ser visualizados na Fig. 3.3.

Figura 3.2. Ilustrações do interior do instituto.



Figura 3.3. Ilustração de um secador de cabelo e seus componentes.



Assim, como forma de adequar o campo sonoro no interior do instituto para níveis mais confortáveis, duas soluções foram definidas: inserção de silenciadores acústicos nos secadores de cabelo e uso de material absorvente acústico no interior do ambiente. A metodologia de definição da disposição dos materiais absorventes acústicos é descrita na seção seguinte.

3.2. METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DAS SOLUÇÕES ACÚSTICAS

Inicialmente, foram realizadas medições acústicas no salão cheio e vazio, usando secador de cabelo com e sem silenciador acústico (Fig. 3.4).

Figura 3.4. Secador de cabelo (à esquerda) e silenciador (à direita) usados nas medições.



Uma dificuldade encontrada foi a de encontrar na cidade equipamentos de medição sonora que fornecessem uma medição em bandas de frequência, assim como fosse possibilitada uma medição do tempo de reverberação do ambiente. Não foi possível encontrar na cidade tal instrumentação e os níveis de pressão sonora foram medidos com um decibelímetro comum, conforme Fig. 3.5.

Figura 3.5. Medição de nível sonoro no interior do instituto.



A estratégia de definir a disposição dos materiais absorventes no ambiente foi de gerar um modelo acústico do instituto no software Odeon, e com este modelo validado, realizar as simulações das soluções acústica no interior do recinto. Para a geração do modelo foi necessário realizar a caracterização da potência acústica emitida pelo secador com e sem o silenciador. Para essa caracterização, em outra cidade, medições de potência sonora foram realizadas em modelo idênticos do secador e silenciador pelo método da intensimetria acústica, conforme Fig. 3.6 onde pode-se ver a sonda de intensimetria e o secador de cabelo ensaiado.

Figura 3.6. Realização de ensaios de intensimetria para determinação da potência sonora do secador de cabelo.



Com a potência sonora do secador determinada, o modelo do ambiente no Odeon foi calibrado de forma que o modelo fornecesse o mesmo campo acústico que os medidos com o decibelímetro. De posse do modelo e as fontes sonoras calibradas, várias simulações de disposição de material absorvente acústico foram realizadas para se chegar na melhor solução para o condicionamento acústico do ambiente.

Nas seções seguintes estão descritos a teoria do procedimento experimental de determinação da potência sonora por intensimetria e procedimento realizado para geração do modelo acústico do instituto de beleza no *software* Odeon.

3.3. DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA SONORA USANDO INTENSIMETRIA ACÚSTICA

A potência sonora de uma fonte representa a energia acústica total, emitida por essa fonte, em determinado intervalo de tempo. A caracterização da potência de fontes sonora é bastante útil para fins de controle de ruído. Há dois métodos para determinação de potência sonora: o método da pressão sonora e o método da intensimetria acústica. A técnica da intensimetria acústica é baseada no princípio dos dois microfones, separados por uma distância conhecida (Figura 3.7) e apresenta uma série de vantagens, quando se compara esta técnica ao método de pressão sonora, uma vez que não são necessárias instalações acústicas caras (câmaras reverberantes ou anecoicas) e com apenas um simples sistema de aquisição de dados e respeitando os parâmetros exigidos pelas normas ISO 9614-1, ISO 9614-2 ou ISO 9614-3, é possível obter determinações precisas da potência sonora da fonte. Além disso, estas medições podem ser feitas na presença de ruído residual (SOUZA *et al.*, 2007).

O princípio da determinação da potência sonora de uma fonte baseia-se na integração, em uma superfície que envolve totalmente a fonte sonora, da intensidade sonora normal a essa superfície. Ou seja, a potência sonora média, W_s , gerada pela fonte dentro da superfície S é a integral de superfície da intensidade sonora I_r na direção r normal a essa superfície (FAHY, 1995; SOUZA, 2003):

$$W_s = \int_S I_r dS \quad (3.1)$$

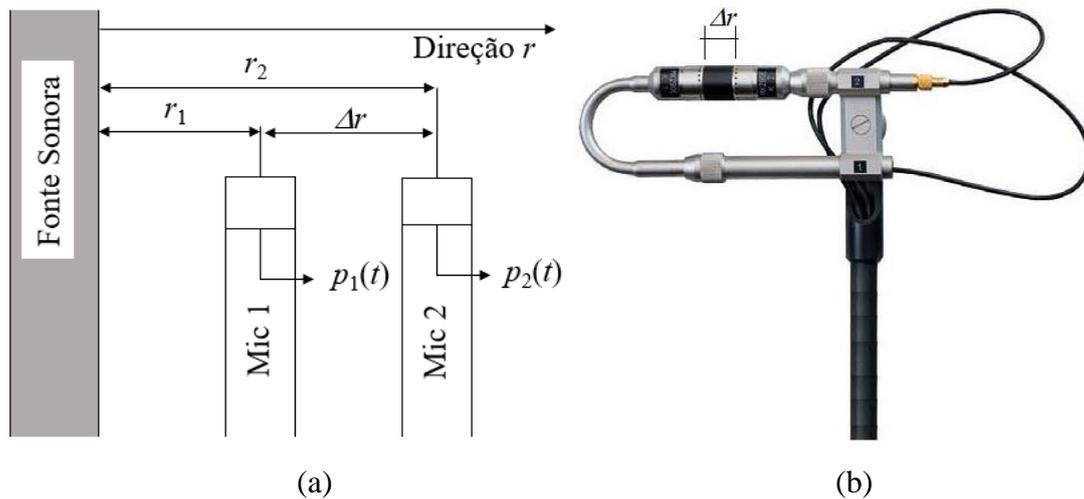
A estimativa da intensidade sonora I_r é a média temporal da intensidade instantânea, a qual é dada pelo produto da pressão sonora $p(t)$ com a velocidade da partícula do meio da propagação sonora $u(t)$, logo:

$$I_r = \overline{p(t)u(t)} \quad (3.2)$$

Em que a barra superior representa média temporal (Gerges, 2000).

Para a determinação experimental de I_r , a pressão $p(t)$ pode ser determinada a partir da média da pressão sonora de dois microfones idênticos $p_1(t)$ e $p_2(t)$, separados por uma pequena distância Δr , conforme Fig. 3.7a e Eq.(3.3). Nas medições usa-se o equipamento sonda de intensimetria, que possui os dois microfones (Fig.3.7b). A velocidade $u(t)$ pode ser estimada pela Eq.(4) a partir da aplicação do método das diferenças finitas na equação de Euler (GADE, 1982).

Figura 3.7. Medição da intensidade sonora. (a) Esquema da medição com dois microfones (GERGES, 2000); (b) Sonda de intensimetria com os dois microfones.



$$p(t) = \frac{1}{2} [p_1(t) + p_2(t)] \quad (3.3)$$

$$u(t) = - \int \frac{[p_2(t) - p_1(t)]}{\rho \Delta r} dt \quad (3.4)$$

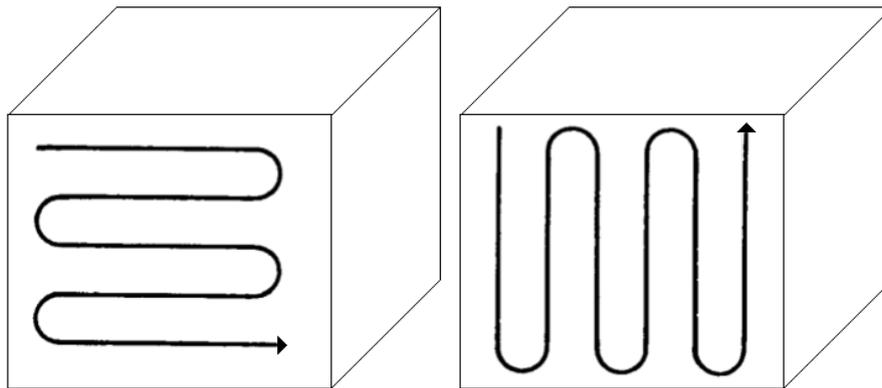
Substituindo (3.3) e (3.4) em (3.2) resulta na seguinte estimativa da intensidade sonora média:

$$I_r = - \frac{1}{2\rho\Delta r} \overline{[p_1(t) + p_2(t)] \int [p_2(t) - p_1(t)] dt} \quad (3.5)$$

No analisador de intensidade sonora, que acompanha a sonda de intensimetria como instrumentação necessária, os cálculos da Eq. (3.5) são realizados por meio de filtros digitais e circuitos integradores numéricos.

Finalmente, a potência sonora é a intensidade sonora média, sobre uma superfície que envolve a fonte, multiplicada pela área desta superfície hipotética, a qual deve ser definida. A norma ISO 9614-2 (1996b), a qual foi usada nos ensaios experimentais do secador de cabelo neste trabalho, estabelece que a sonda de intensimetria permaneça em movimento (método de varredura) sobre toda área do volume de medição. A sonda precisa ser posicionada perpendicular à superfície do volume de medição, além de manter velocidade constante durante toda a medição. A norma estabelece a realização de duas varreduras ortogonalmente orientadas para cada superfície parcial de medição (Fig. 3.8).

Figura 3.8. Diferentes modos de varreduras de medição em todas as superfícies hipotéticas do volume de medição (ISO, 1996b).



3.4 MODELAGEM DO CAMPO SONORO NO INTERIOR DO INSTITUTO

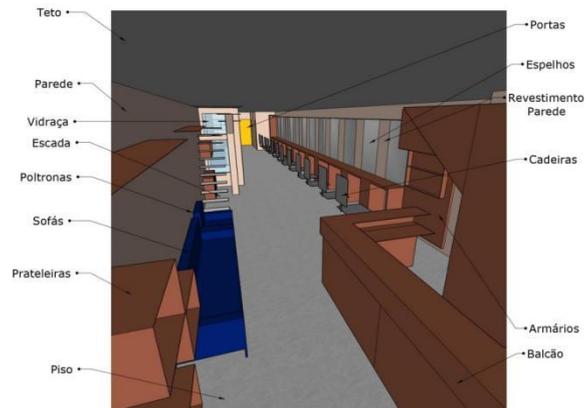
Para a predição do nível de pressão sonora no interior do salão de beleza, devido ao ruído emitido por um secador de cabelos, foi construído um modelo computacional utilizando o *software* comercial de acústica de salas *Odeon*® 12.2 Combined. Tal ferramenta computacional faz uso de diferentes métodos de acústica geométrica para efetuar os cálculos de parâmetros de acústicos como Tempo de Reverberação, Definição, Clareza, Índice de Transmissibilidade da fala, Nível de Pressão Sonora (NPS) (parâmetro de interesse no presente estudo), dentre outros. Os métodos que *Odeon*® pode utilizar para a geração do campo acústico em um ambiente são: o método de traçados de raios (*ray tracing*), método das fontes virtuais (*image-source method*) e o método híbrido entre os dois modelos anteriores.

Na criação de um modelo de acústica geométrica são necessárias informações chave como: geometria 3D do recinto e seus objetos interiores (modelo em CAD), propriedades acústicas dos materiais que compõem o ambiente (coeficiente de absorção sonora, α), informações das fontes sonoras (posicionamento, potência, direcionalidade e orientação) e dos receptores (posicionamento no recinto e tipo) (BRANDÃO, 2016).

Primeiramente se desenvolveu o modelo 3D do salão utilizando o *software Trimble SketchUp 2019* (vide Fig. 3.9). O modelo 3D se trata uma representação simplificada das superfícies, de acordo com verificação arquitetônica, desconsiderando pequenas espessuras, reentrâncias e detalhes desnecessários para a acústica geométrica, sendo também considerados os objetos internos que compõem o ambiente. Ainda no modelo geométrico foi feita uma distinção das superfícies feitas de materiais com

propriedades acústicas diferentes, organizando-os em “camadas”. Após a construção da geometria, o modelo foi exportado para o *software Odeon*.

Figura 3.9. Modelo no *SketchUp* com as indicações dos elementos.



Já com o modelo geométrico importado no software inicia-se a modelagem computacional acústica (vide Fig. 3.10). Nessa etapa foi associada a cada superfície um coeficiente de absorção sonora (α), de acordo com cada “camada” pré-definida. O critério da escolha dos valores de α utilizados foi a similaridade com as descrições dos materiais apresentadas na biblioteca do software (material constituinte, espessura, superfície de acabamento etc.). Esse procedimento pode também ser descrito como interativo, pois materiais similares podem apresentar valores distintos para os coeficientes de absorção. Dessa forma, buscou-se valores de α que direcionassem o modelo a correlação com resultados dos testes *in situ*. A Tab. 3.1 apresenta valores de coeficiente de absorção sonora adotados, que estão disponíveis da biblioteca do *Odeon*.

Em seguida, criou-se uma fonte sonora pontual no modelo a fim de representar o secador de cabelos, na posição e exata da sua utilização durante o ensaio *in situ*. A essa fonte foram atribuídos dois valores de potência sonora distintos, com silenciador e sem silenciador, ambos utilizados em momentos a parte, conforme distrito na seção 2.1. Foram criados três receptores microfones dentro do modelo correspondentes as posições adotadas no ensaio *in situ* a fim de capturar os valores de NPS.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. NÍVEIS SONOROS NO INTERIOR DO INSTITUTO

As medições de níveis de pressão sonora foram realizadas no instituto de beleza em três pontos. A fonte ruidosa foi um secador de cabelo posicionado na mesa de trabalho de forma análoga ao mostrado na Fig. 4.1, que mostra o secador de cabelo e o medidor de NPS usados na medição. Contudo, nas medições, o instrumento ficou posicionado em três outras posições (P1, P2 e P3), conforme Fig. 3.10, e mais precisamente nas seguintes localizações:

P1- Ponto de medição 1, situado a 5,65 m da porta de entrada do salão, 2,00 m da linha de espelhos e bancadas e a 2,24 m da fonte sonora;

P2- Ponto de medição 2, situado a 13,15 m da porta de entrada do salão, 2,00 m da linha de espelhos e bancadas e a 6,84 m da fonte sonora;

P3- Ponto de medição 3, situado a 21,22 m da porta de entrada do salão, 2,00 m da linha de espelhos e bancadas e a 14,80 m da fonte sonora.

Figura 4.1. Secador de cabelo e medidor de NPS juntos à mesa de trabalho.



As medições foram realizadas em um dia de segunda-feira, quando o instituto não está aberto ao público. O secador de cabelo, medidor de NPS e silenciador possuem as seguintes especificações: Secador de cabelo com 02 velocidades, Marca TAIFF, Modelo Fox ION 220-230 V 1830-2000 W 50-60 HZ, Decibelímetro Digital MSL 1301 MINIPA calibrado e o redutor de ruído Zhorn para secador de cabelo.

Após as medições os resultados de níveis de pressão sonora encontrados para secador desligado, secador ligado sem silenciador e secador ligado com silenciador estão apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Valores de NPS em dBA com secador desligado, ligado sem silenciador e com silenciador.

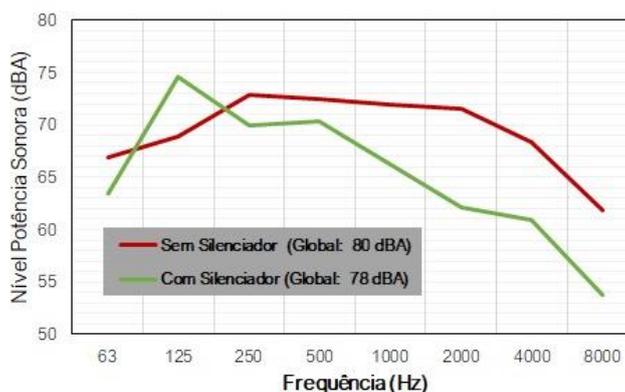
| Pontos | Secador Desligado | Secador Ligado | |
|--------|-------------------|-----------------|-----------------|
| | | Sem Silenciador | Com silenciador |
| P1 | 39,6 | 72,7 | 70,6 |
| P2 | 37,2 | 70,9 | 66,0 |
| P3 | 36,2 | 66,2 | 61,8 |

4.2. POTÊNCIA SONORA DO SECADOR DE CABELO COM E SEM SILENCIADOR

Para a determinação da potência sonora do secador de cabelo usado nas medições no instituto com e sem silenciador, ensaios foram realizados de acordo com o método da intensimetria descrito na norma ISO 9614-2 (1996b). Uma ilustração do ensaio está apresentada na Fig. 3.6.

Os resultados obtidos de níveis de pressão sonora em função de bandas de oitava estão apresentados no gráfico da Fig. 4.2. De acordo com o gráfico percebe-se que a potência acústica emitida é de fato menor com o silenciador exceto em torno de 125 Hz. Em valores globais a emissão da potência acústica é 2 dBA menor com o uso de silenciador dissipativo no secador de cabelos.

Figura 4.2. Valores de potência sonora do secador de cabelo usado nas medições com e sem silenciador.



4.3. VALIDAÇÃO DO MODELO ACÚSTICO

O modelo foi validado de acordo com os resultados obtidos no salão de beleza para o nível de pressão sonora A ponderados (NPS em dBA) medidos em cada uma das três posições de receptores (P1, P2 e P3) para o secador sem silenciador (SS) e com silenciador (CS). Buscou-se obter uma diferença entre teste e simulação utilizando o critério que mensura a diferença aceitável nomeado de diferença apenas perceptível (*just noticeable difference*, JND) (LIMA; VERGARA, 2018).

O recomendado é que a diferença entre valores medidos e simulados deva ser de até uma unidade de JND do parâmetro acústico analisado, para então assegurar um processo de simulação realista, pois esta seria a menor variação do parâmetro percebida por um ouvinte em condições normais. Todavia, desvios de até 2 JND podem ser considerados toleráveis (VORLÄNDER, 1995; SANTOS, 2019; LIMA *et al.*, 2021).

A Tab. 4.2 traz o comparativo dos resultados obtidos na simulação com o teste físico. De acordo com os resultados obtidos considerou-se o modelo validado, pois as diferenças (delta) entre os valores de NPS da simulação e das medições *in situ* ficaram dentro dos limites de 2, ou seja 2 JND, independentemente da posição de receptor da utilização ou não do silenciador. No entanto, de forma geral os resultados de correlação foram melhores para a fonte sonora com silenciador. Tal diferença pode ser justificada pela caracterização de potência sonora do secador de cabelo sem silenciador e pela simplificação de ser considerada como uma fonte omnidirecional no modelo computacional.

Tabela 4.2. Resumo comparativo dos resultados de teste e simulação com valores de NPS em dBA.

| Receptor | Correlação | | | | | | Sensibilidade | | |
|----------|-----------------|-----------|-------|-----------------|-----------|-------|---------------|-----------|-------|
| | Com silenciador | | | Sem Silenciador | | | Teste | Simulação | Delta |
| | Teste | Simulação | Delta | Teste | Simulação | Delta | SS-CS | SS-CS | |
| P1 | 70,6 | 70 | 0,6 | 72,7 | 73,4 | -0,7 | 2,1 | 3,4 | 1,3 |
| P2 | 66 | 65,8 | 0,2 | 70,9 | 69,3 | 1,6 | 4,9 | 3,5 | -1,4 |
| P3 | 61,8 | 60,6 | 1,2 | 66,2 | 64,2 | 2 | 4,4 | 3,6 | -0,8 |

Analisando a sensibilidade do modelo avaliando a diferença do NPS ao se utilizar o silenciador, o modelo é sensível e o nível de ruído diminui assim como esperado. Para o receptor P1 a simulação superestima o desempenho do silenciador e subestima (a favor da segurança) nos receptores P2 e P3. No entanto, a diferença entre a sensibilidade do teste e simulação estão também abaixo de 2 JND, confirmando a validade do modelo e

Tabela 4.4. Descrição das soluções propostas.

| Solução | Descrição |
|----------------|---|
| 1 | Substituir o forro comum por forro mineral OWAPlan. Área: 101,76 m ² . |
| 2 | Substituir o forro comum forro de madeira - Painel Nexacustic. Área: 101,76 m ² . |
| 3 | Aplicar sob o forro comum placas acústicas Sonex illtec. Área: 101,76 m ² . |
| 4 | Aplicar sob o forro comum lã de vidro. Área: 101,76 m ² . |
| 5 | Aplicar nas paredes placas acústicas Sonex illtec. Área: 55,32 m ² . |
| 6 | 1. Aplicar nas paredes placas acústicas Sonex illtec. Área: 55,32 m ² . 2. Aplicar sob o forro comum lã de vidro. Área: 101,76 m ² . |

Tabela 4.5. solução 01

Substituir o forro comum por forro mineral OWAPlan. Área: 101,76 m².

| Receptor | Sem Silenciador | | |
|-----------------|------------------------|------------------|--------------|
| | solução 01 | Simulação | Delta |
| P1 | 70 | 73,4 | -3,4 |
| P2 | 65,6 | 69,3 | -3,7 |
| P3 | 58 | 64,2 | -6,2 |
| | | | |
| | | | |
| Receptor | Com silenciador | | |
| | solução 01 | Simulação | Delta |
| P1 | 67,2 | 70 | -2,8 |
| P2 | 62,2 | 65,8 | -3,6 |
| P3 | 55,5 | 60,6 | -5,1 |

Tabela 4.6. solução 02

Substituir o forro comum forro de madeira - Painel Nexacustic. Área: 101,76 m².

| Receptor | Sem Silenciador | | |
|-----------------|------------------------|------------------|--------------|
| | solução 02 | Simulação | Delta |
| P1 | 70,3 | 73,4 | -3,1 |
| P2 | 65,4 | 69,3 | -3,9 |
| P3 | 58,8 | 64,2 | -5,4 |
| | | | |
| | | | |
| Receptor | Com silenciador | | |
| | solução 02 | Simulação | Delta |
| P1 | 67,5 | 70 | -2,5 |
| P2 | 62,5 | 65,8 | -3,3 |
| P3 | 56,1 | 60,6 | -4,5 |

Tabela 4.7. solução 03

Aplicar sob o forro comum placas acústicas Sonex illtec. Área: 101,76 m².

| Receptor | Sem Silenciador | | |
|----------|-----------------|-----------|-------|
| | solução 03 | Simulação | Delta |
| P1 | 70,2 | 73,4 | -3,2 |
| P2 | 65,2 | 69,3 | -4,1 |
| P3 | 58,7 | 64,2 | -5,5 |
| | | | |
| | | | |
| Receptor | Com silenciador | | |
| | solução 03 | Simulação | Delta |
| P1 | 68 | 70 | -2 |
| P2 | 63,2 | 65,8 | -2,6 |
| P3 | 57,1 | 60,6 | -3,5 |

Tabela 4.8. solução 04

Aplicar sob o forro comum lã de vidro. Área: 101,76 m².

| Receptor | Sem Silenciador | | |
|----------|-----------------|-----------|-------|
| | solução 04 | Simulação | Delta |
| P1 | 68,7 | 73,4 | -4,7 |
| P2 | 63,5 | 69,3 | -5,8 |
| P3 | 57 | 64,2 | -7,2 |
| | | | |
| | | | |
| Receptor | Com silenciador | | |
| | solução 04 | Simulação | Delta |
| P1 | 66,1 | 70 | -3,9 |
| P2 | 61,5 | 65,8 | -4,3 |
| P3 | 55,4 | 60,6 | -5,2 |

Tabela 4.9. solução 05

Aplicar nas paredes placas acústicas Sonex illtec. Área: 55,32 m².

| Receptor | Sem Silenciador | | |
|----------|-----------------|-----------|-------|
| | solução 05 | Simulação | Delta |
| P1 | 72,2 | 73,4 | -1,2 |
| P2 | 68,3 | 69,3 | -1 |
| P3 | 63,6 | 64,2 | -0,6 |
| | | | |
| | | | |
| Receptor | Com silenciador | | |
| | solução 05 | Simulação | Delta |
| P1 | 69,6 | 70 | -0,4 |
| P2 | 65,2 | 65,8 | -0,6 |
| P3 | 60 | 60,6 | -0,6 |

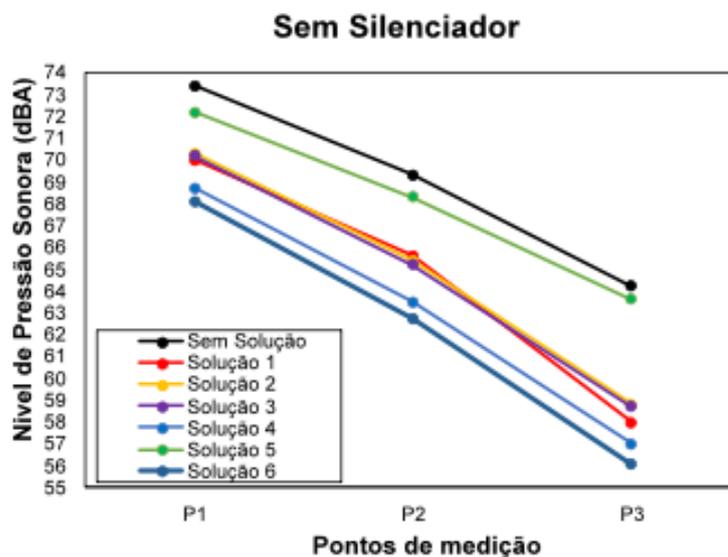
Tabela 4.10. solução 06

1. Aplicar nas paredes placas acústicas Sonex illtec. Área: 55,32 m².
2. Aplicar sob o forro comum lã de vidro. Área: 101,76 m².

| Receptor | Sem Silenciador | | |
|----------|-----------------|-----------|-------|
| | solução 06 | Simulação | Delta |
| P1 | 68,1 | 73,4 | -5,3 |
| P2 | 62,7 | 69,3 | -6,6 |
| P3 | 56,1 | 64,2 | -8,1 |
| | | | |
| | | | |
| Receptor | Com silenciador | | |
| | solução 06 | Simulação | Delta |
| P1 | 65,7 | 70 | -4,3 |
| P2 | 61 | 65,8 | -4,8 |
| P3 | 54,8 | 60,6 | -5,8 |

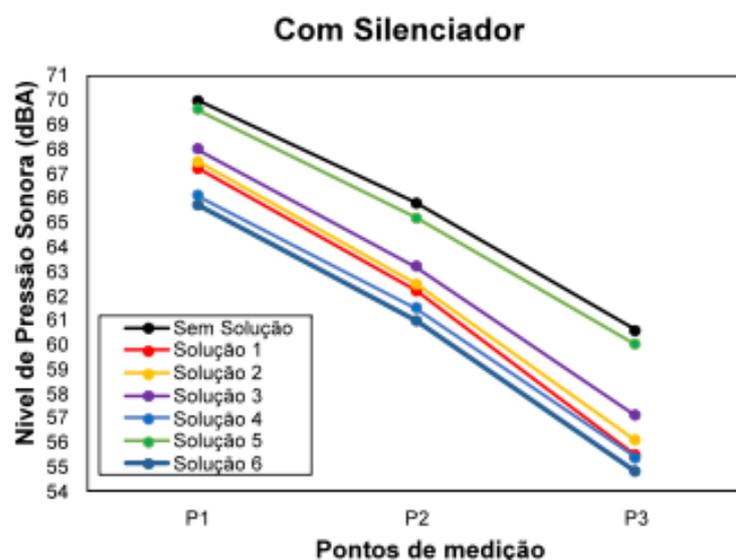
A Fig. 4.3 apresenta os resultados das soluções para o secador em funcionamento sem o silenciador instalado. Nota-se que as soluções 1,2,3 e 5 apresentaram desempenhos similares na redução do nível de pressão sonora, ao passo que a solução 4 apresentou um desempenho consideravelmente superior, até 3 dBA. Isso pode ser explicado por conta do alto valor de coeficiente de absorção sonora apresentado pelo material utilizado em comparação aos demais, considerando que com exceção da solução 5 todos tiveram a mesma área de aplicação. Com a solução 4 obteve-se um nível de redução para P1, P2 e P3 respectivamente de 4,7, 5,8 e 7,2 dBA, com o valor de redução aumentando com a distância da fonte por conta dos efeitos de absorção.

Figura 4.3. NPS interior com o secador sem silenciador considerando as soluções propostas.



A Fig. 4.4 apresenta os valores de NPS agora considerando também o uso do silenciador no secador. Nota-se que mais uma vez a solução 4 apresentou um desempenho superior, assim como esperado. No entanto os valores de redução de ruído foram inferiores, para P1, P2 e P3 foram respectivamente 3,9, 4,3 e 5,2 dB. Isso se deveu ao fato do espectro de potência sonora que para a fonte com silenciador apresentar nas baixas frequências valores elevados, faixa essa que as soluções não apresentam o melhor desempenho.

Figura 4.4. NPS interior com o secador com silenciador considerando as soluções propostas



De forma geral, uma combinação do silenciador e soluções acústicas no ambiente resultam num nível de pressão sonora próxima a fonte de 66,1 dBA considerando o melhor cenário. Ao passo que o não uso do silenciador no melhor cenário forneceria à mesma distância fonte-receptor de 68,7 dBA.

5 CONCLUSÃO

O nível de ruído no interior de ambientes de trabalhos pode trazer vários problemas tanto aos colaboradores quanto aos clientes. Em salões de beleza isso não é diferente, além do ruído gerado pelos secadores de cabelo, outros problemas ocupacionais podem também surgir aos colaboradores relacionados à ergonomia e ao manuseio de produtos químicos. Em relação ao ruído dos secadores de cabelo, esse problema pode ser minimizado com o uso de silenciadores acústicos e um tratamento acústico no interior do ambiente para evitar as múltiplas reflexões e reduzir a energia sonora no recinto.

Este trabalho apresentou um estudo de caso de simulação computacional de um salão de beleza sujeito ao ruído de um secador de cabelo. A potência sonora do secador de cabelo, com e sem silenciador acústico, foi determinada por meio de intensimetria acústica e serviu como fonte sonora do modelo acústico do ambiente realizado por meio do software Odeon. O modelo foi validado por medições de nível de pressão sonora em nível global no ambiente em três posições diferentes.

Foram analisadas seis soluções acústicas. Dessas seis soluções, em quatro foram testados diferentes materiais de absorção sonora no teto do ambiente. Em seguida, foi simulado o uso de material absorvente somente nas paredes. Devido à estética, usou-se o poliuretano Sonex nas paredes (solução 5). A última solução acústica (solução 6) simulada foi a inclusão do material de absorção sonora lã de vidro no teto e poliuretano nas paredes. Essa última solução trouxe o melhor desempenho devido a grande área coberta com material absorvente. Nas análises dos resultados também foi verificado o desempenho do silenciador acústico, que traz uma redução em torno de 2 a 3 dB. Assim, verifica-se que a metodologia de simular computacionalmente o salão traz grandes benefícios em se prever qual a melhor solução a ser adotada no ambiente para que o torne mais confortável aos colaboradores e frequentadores.

Como sugestões para trabalhos futuros, sugiro ser feito o estudo de caso com outros materiais acústicos ou junções de outros materiais, estudo de mudança do layout, forma ou peças do secador para uma possível diminuição do ruído gerado pelo secador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIHPEC. **Panorama do setor**. Disponível em: <http://www.abihpec.org.br/wp-content/uploads/2013/04/Panorama-do-setor-PORT-05Abr2013.pdf>. Acesso em 28/04/22.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.152**: Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179**: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1992.
- AKBARI, J.; DEGHAN, H.; AZMOON, H.; FOROUHARMAJD, F. Relationship between Lighting and Noise Levels and Productivity of the Occupants in Automotive Assembly Industry. **Journal of Environmental and Public Health**. Volume 2013, Article ID 527078.
- AKHMETOV, B.; GUPTA, S.; AHUJA, K.K. **Noise source ranking of a hairdryer**. 20th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference. AIAA AVIATION Forum, 16-20 June 2014, Atlanta, GA.
- AMORIM, Adriana; LICARÃO, Carolina. **Introdução ao Conforto Acústico**. 2005. – E-Labora: Laboratório de e-Leaning. Disponível em: http://www.fec.unicamp.br/~luharris/galeria/ic042_05/TIDIA-ae_TopicoA_mat- apoio_S03_C-Acustico.pdf. Acesso em: 05 mar. 2022
- BASTOS, L.P.; LIMA, L.C.; SANTOS, G.B.; MELO, G.S.V.; MESQUITA, A.L.A. **Simulação com painéis de fibra de açaí para melhoria da inteligibilidade da fala em sala de aula**. **Ambiente Construído**, 21 (4), Oct-Dec, p. 45-63, 2021.
- BISTAFA, SYLVIO R. **Acústica Aplicada ao controle do ruído**. – 3 ed. – São Paulo: Blucher, 2018. 436 p.: il.
- BORGES, T. Avaliação de riscos em salões de beleza. **Monografia** de Especialização. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), 2016.
- BORGES, A. N.; RODRIGUES, C. G. **Introdução à física acústica**. São Paulo: Livraria Física, 2017.
- CAHYANI, A. A. Influence of work environment noise to productivity of employee performance of Sidoarjo district. **Journal of Public Health Science Research (JPHSR)**. Vol. 1, No. 1, March 2020, pp. 12 – 17.
- CARVALHO, Régio Paniago. **Acústica Arquitetônica**. 2 ed. –Brasília: Theasaurus, 2010. 238 p.; il.
- CARVALHO, R. P. **Acústica arquitetônica**. Brasília: Theasaurus, 2006.

CISZ, Cleiton Rodrigo. Conscientização do uso de EPI'S, quanto à segurança pessoal e coletiva. **Monografia** apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

COSTA, Daniel Temóteo Pereira da. Proposta de adequação acústica em auditório de uso múltiplo. **Trabalho de Curso**. Brasília, 2019.

DINO. **O fortalecimento do mercado da beleza em 2018**. Disponível em: <http://broadcast.com.br/cadernos/releases/?id=cFR5ZDJ1Zk9FSFBUEUFBpRldRV29IZz09> Acesso em 28/04/22.

FAHY, F. J., 1995, “**Sound Intensity**”, 2 Ed. E & Fn Spon, London, 295 p

GADE, S. **Sound Intensity**. B&K Technical Review, n. 3, 1982.

GERGES, S. N. **Ruído: fundamentos e controle**. Florianópolis: Editora NR, 2000.

GONÇALVES, Gabriella Karolinna Gomes; SANTOS, Juliana Cristina Batista; MENEZES, Simone Alves Prado. A fragilidade do condicionamento acústico no ambiente básico de saúde pública no conjunto Augusto Franco. **Ciências Humanas e Sociais** | Aracaju | v. 6 | n.2 | p. 85-98 | Setembro 2020.

GLOBAL ENTREPRENEURSHIP MONITOR – GEM. **Empreendedorismo no Brasil 2012**. Curitiba: IBQP, 2012.

GUGLIELMI, Maria Angélica Giannini. **Riscos Ocupacionais**. Disponível em: http://www.portaldaenfermagem.com.br/entrevistas_read.asp?id=46. Acesso em: 15/11/2022.

HILLESHEIM, D.; GONÇALVES, L.S.; BATISTA, D.D.C.; GOULART, M.L.M.; ZUCKI, F. Perda auditiva induzida por ruído no Brasil: descrição de 14 anos de notificação. **Audiology - Communication Research**. Vol 27, p.1-6, 2022.

KUHN, Ellin Maiara. Análise do desempenho acústico de edificação habitacional de âmbito social conforme a NBR 15.575. **Monografia**. Lajeado, junho de 2015.

LEÃO, D.; PRESSLER, N. **Youtuber Mirim e o Consumo Infantil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO. 40., 2017. Anais [...] 2017. Disponível em: <http://portalintercom.org.br/anais/nacional2017/resumos/R12-2925-1.pdf>. Acesso em: 01 set. 2022.

LIMA, P. R.; VERGARA, E. F. Simulação acústica de uma sala multiúso para a prática musical: possibilidades de adaptação ao uso. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 3, p. 161–173, 2018.

LIMA, Janaina Costa, et al. Avaliação da acústica ambiental em um Campus universitário de Sergipe – Brasil. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.12, p. 120951-120973 dec. 2021.

MAGALHÃES, T. S. Estudo da audição de cabeleireiros. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Curso de Fonoaudiologia, Faculdade de Ceilândia, Universidade de Brasília, 2018.

MONDADORI, R. Projeto para mudança de conceito na fabricação de secador de cabelo, com foco na redução das emissões sonoras. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

Organização Panamericana de Saúde – OPAS (2006). Brasil: saúde ocupacional. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/brasil>. Acesso em 28/04/22.

PADILHA, Ênio. **Marketing pessoal & imagem pública**. 2 ed. Balneário Camboriú. Palloti, 2007.

QUTUBUDDIN S.M.; HEBBAL S.S.; KUMAR, A.C.S. A Review on effect of industrial noise on the performance of worker and productivity. **International Review of Applied Engineering Research**. Volume 2, Number 1 (2012), pp. 43-54, 2012.

REMORINI, Silvana Laiz, et al. Conforto Ambiental: Ventilação e acústica. 2021. **Revisão técnica**: Ana Cristina Castagna.- Porto Alegre: SAGAH, 2021.

RIBEIRO, Rodrigo Scoczynski. Caracterização do condicionamento acústico de uma sala de aula com o uso de painéis de madeira. **Tese**. Curitiba, 2020.

SANTOS, G. B. **Análise de Condicionamento Acústico de Sala de Aula Utilizando Painéis de Fibras Vegetais Por Meio de Simulação Computacional**. Trabalho de Conclusão de Curso—Belém: Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Pará., 2019.

SARTORI, Lorenzo. Isolamento e condicionamento acústico de um salão de festas em um prédio residencial. **Trabalho de Diplomação**. Porto Alegre, junho 2016.

SILVA, F.C; PINTO, M.V. **Análise Ergonômica da Atividade de Secagem e Modelagem de Cabelo com Uso de Secador de Cabelo, em Salões da Cidade de Campina Grande – PB**. 18º Congresso Brasileiro de Ergonomia. Universidade Federal de Minas Gerais, maio, 2016.

SILVA, Kleyton de Sena. Conforto acústico na concepção do projeto de arquitetura. Estudo de Caso: Igrejas Evangélicas A Pioneira no Município de Macapá. **Trabalho de conclusão de curso**. Santana-AP, 2011.

SILVA, KLEYTON DE SENA SILVA. Conforto acústico na concepção do projeto de arquitetura. Estudo de Caso: Igrejas Evangélicas A Pioneira no Município de Macapá. 2010. **TCC (Graduação)** - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Amapá- UNIFAP, 2010.

SILVA, Wiriany Kátia Ferreira. Tratamento acústico de uma igreja evangélica em Limoeiro do Norte-CE: verificação do tempo de reverberação (TR) e do nível de pressão sonora interno. **Monografia**. Pau dos Ferros, 2022.

SIMÕES, Flávio Maia. **Acústica Arquitetônica** - Rio de Janeiro, agosto/2011.

SEBRAE, 2012. **Informações gerais sobre a realidade dos pequenos negócios.** Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/exibeBia?id=3292>>. Acesso em: 20 de junho.2019.

SOUZA, Léa Cristina Lucas de; ALMEIDA, Manuela Guedes de; BRAGANÇA; Luís. **Bê-á-Bá da acústica arquitetônica:** ouvindo a Arquitetura. –São Carlos: EdUFSCAR, 2011. 149 p.

SOUZA, M. C. R., 2003, “Determinação da Potência Sonora em Ambientes Industriais por Intensimetria Acústica”, **Tese de Doutorado**, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

TIAGO, Jéssica Santos; ARAÚJO, Giovana Fernandes. Perfil dos trabalhadores submetidos à audiometria atendidos pelo serviço social da indústria DA Unidade Sudoeste – Bahia. **Revista Enfermagem Contemporânea.** 2013 Dez;2(1):133-145.

VALENTE, Geilsa Soraia Cavalcanti; GOMES, Priscila Oliveira. **A Saúde do Trabalhador** (2010). Disponível em: <http://www.psicopedagogia.com.br/artigos/artigo.asp?entrID=1255>. Acesso em: 13/05/2022.

VAZ, Ana. **Pequeno livro de estilo:** guia para toda hora. Campinas, SP: Verus Editora, 2007

VIEIRA, H.R.A.L.; BORGES, I.V.V; TAGLIATTE, M.S.; SOUZA, J.G.B.; CHAGAS, H.S.; REIS JUNIOR, A.G. Perda auditiva induzida por ruído no trabalho: análise de casos, mecanismos fisiopatológicos e repercussões sócio previdenciárias. **RECISATEC - Revista Científica Saúde e Tecnologia.** v.7, n2, 2022.

VORLÄNDER M., Bietz H. 1995. **Comparison of Methods for Measuring Reverberation Time.** Acustica Vol. 80. pp. 205–215