

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Estruturas

Juliana Barros de Rezende

**ANÁLISE OBJETIVA E SUBJETIVA DA INFLUÊNCIA DO RUÍDO DE IMPACTO
DE PISO EM EDIFICAÇÕES**

Belo Horizonte

2014

Juliana Barros de Rezende

**ANÁLISE OBJETIVA E SUBJETIVA DA INFLUÊNCIA DO RUÍDO DE IMPACTO
DE PISO EM EDIFICAÇÕES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Estruturas.

Orientador: Francisco Carlos Rodrigues

Co-orientador: Marco Antônio de Mendonça Vecci

Co-orientador: Emílio Suyama

Belo Horizonte

2014

R467a

Rezende, Juliana Barros de.

Análise objetiva e subjetiva da influência do ruído de impacto de pisos em edificações [recurso eletrônico] / Juliana Barros de Rezende. - 2014.
1 recurso online (xv, 213 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Francisco Carlos Rodrigues.

Coorientador: Marco Antônio de Mendonça Vecchi.

Coorientador: Emílio Suyama.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Anexos: f. 116-213.

Bibliografia: f. 110-115.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Engenharia de estruturas - Teses. 2. Controle de ruído – Teses.
3. Emissão acústica - Teses. 4. Normas técnicas (Engenharia) – Teses.
I. Rodrigues, Francisco Carlos. II. Vecchi, Marco Antônio de Mendonça.
III. Suyama, Emílio. IV. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. V. Título.

CDU: 624(043)

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS Nº: 277 da aluna **Juliana Barros de Rezende.**

Às **09:30** horas do dia **16** do mês de **dezembro** de **2014**, reuniu-se, na Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, a Comissão Examinadora indicada pelo Colegiado do Programa em **17 de outubro de 2014**, para julgar a defesa da Dissertação de Mestrado intitulada "**Modelo Estatístico para Análise Objetiva e Subjetiva da Influência do Ruído de Impacto de Piso em Edificações**", cuja aprovação é um dos requisitos para a obtenção do Grau de MESTRE EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS na área de ESTRUTURAS.

Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, **Prof. Dr. Francisco Carlos Rodrigues**, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares passou a palavra à candidata para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Foram atribuídas as seguintes indicações:

(Aprov./Repr.)

Prof. Dr. Francisco Carlos Rodrigues - DEES - UFMG (Orientador) APROV.
Prof. Dr. Emilio Suyama - ICEX - UFMG Aprovada
Prof. Dr. Max de Castro Magalhães - DEES - UFMG Aprovada
Engº. Dr. Marco Antônio Nabuco de Araújo - INMETRO Aprovada

Pelas indicações acima, a candidata foi considerada APROVADA, conforme pareceres em anexo.

O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pelo Presidente da Comissão.

Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 16 de dezembro de 2014.

Francisco Carlos Rodrigues
Emilio Suyama
Max de Castro Magalhães
Marco Antônio Nabuco de Araújo

Observações:

- 1) A aprovação da candidata na defesa da Dissertação de Mestrado não significa que a mesma tenha cumprido todos os requisitos necessários para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Estruturas;
- 2) Este documento não terá validade sem a assinatura e carimbo do Coordenador do Programa de Pós-Graduação.

Felício Bruzzi Barros
PROF. FELÍCIO BRUZZI BARROS
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Estruturas da E.E. UFMG

"À minha família"

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu marido e meu filho, meus "combustíveis" para seguir em frente e encarar a vida e os desafios com alegria.

Aos meus pais, meus grandes exemplos, pelo incentivo e por estarem sempre comigo em todas as situações.

Ao meu irmão, exemplo de determinação, dedicação, e que, mesmo longe, está presente no nosso dia-a-dia.

À minha família, em especial, à minha avó, pelo carinho e por proporcionar as boas reuniões de família aos finais de semana.

A Deus, fonte de luz, pela eterna presença em minha vida.

Ao meu orientador Prof. Francisco Carlos Rodrigues, pelo grande apoio.

Ao meu co-orientador Prof. Marco Antônio M. Vecci, pelos anos de trabalho, ensinamentos e pela imensa colaboração na minha Dissertação.

Ao meu co-orientador Prof. Emílio Suyama, pelas horas de reunião, dedicação e por acreditar neste trabalho.

Aos professores e funcionários do DEES.

Aos meus amigos e colegas de mestrado e doutorado, com quem tive o prazer de conviver nestes anos de trabalho.

Aos meus amigos da Oppus, Rafaela e Frederico, pelo apoio e incentivo.

A todos os amigos colaboradores e seus vizinhos que disponibilizaram seus apartamentos para a realização deste trabalho.

À empresa Oppus Acústica Ltda. por ter disponibilizado todos os equipamentos de medição, viabilizando este projeto.

"Obrigada a todos"

RESUMO

Em geral, o ruído de impacto de piso gera incômodo em usuários de edifícios verticais, principalmente em ambientes residenciais. Sob esta ótica, vários países estão atentos ao problema, inclusive o Brasil. Neste trabalho, foi desenvolvida uma pesquisa de percepção do incômodo gerado pelo ruído de impacto de piso em edificações residenciais na cidade de Belo Horizonte, através de entrevistas com os moradores e ensaios acústicos em apartamentos. Foram efetuadas comparações dos resultados ensaiados com os critérios estabelecidos pela norma de desempenho de edificações ABNT NBR 15575-3:2013 e algumas regulamentações internacionais. Constatou-se que o critério brasileiro de menor desempenho está muito acima dos mínimos permitidos para outros países, e que das quatorze edificações ensaiadas, apenas uma não atendeu à norma brasileira. Através destas comparações e da elaboração de um procedimento para uma avaliação subjetiva, foi possível verificar se estes critérios estabelecidos pela mesma são adequados à percepção dos usuários das edificações, e observou-se uma grande maioria de insatisfeitos em relação aos níveis de ruído de impacto de piso. Como resultado desta avaliação, foi proposto um novo critério, fundamentado na percepção de incômodo dos usuários.

Palavras-chave: Acústica de edificações, NBR 15575-3:2013, Ruído de Impacto de Piso, Medições, Análise Subjetiva.

ABSTRACT

In general, the impact noise floor creates nuisance in users of vertical buildings, mainly in residential environments. From this perspective, several countries are aware of the problem, including Brazil. In this work, a survey of perception of annoyance due to impact noise floor in residential buildings in the city of Belo Horizonte, through interviews with residents in apartments and acoustic testing was developed. Comparisons of the tested criteria established by the performance of buildings standard ABNT NBR 15575-3:2013 and some international regulatory outcomes were made. It was found that the criteria of Brazilian lower performance is well above the minimum allowed for other countries, and that the fourteen buildings tested, only one did not attend the Brazilian standard. Through these comparisons and the development of a procedure for a subjective evaluation, it was possible to determine whether these criteria are appropriate to the same perception of the users of the buildings, and there was a large majority of dissatisfied in relation to levels of impact noise floor. As a result of this evaluation, new criteria have been proposed based on the perceived hassle of users.

Keywords: Acoustics of Buildings, NBR 15575-3: 2013, Impact Noise in Floor, Measurements, Subjective Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fontes de ruído urbano.....	24
Figura 2 - Fonte geradora de ruído estrutural, transmitido entre ambientes vizinhos	26
Figura 3 - Níveis de pressão sonora de ruídos de impacto mais comuns em residências .	27
Figura 4 - Condições de ensaio de determinação do nível de ruído de impacto de piso ...	28
Figura 5 - Sistema de isolamento de impacto de piso	30
Figura 6 - Mapa da região metropolitana de Belo Horizonte com a localização das edificações ensaiadas	42
Figura 7 - Máquina geradora de ruído de impacto - Padrão ISO 140-7.....	43
Figura 8 - Gráfico comparativo entre os ensaios, a norma brasileira e demais regulamentações internacionais - índice $L'nT,w$	55
Figura 9 - Gráfico comparativo entre os ensaios e demais regulamentações internacionais - índice $L'n,w$	56
Figura 10 - Relação entre as variáveis Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso e $L'nT,w$	66
Figura 11 - Gráfico dos pesos das variáveis nas duas primeiras componentes, sendo a primeira a nova variável Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso	67
Figura 12 - Gráfico do número da componente principal e seus respectivos autovalores	67
Figura 13 - Gráfico dos pesos das variáveis nas duas primeiras componentes, sendo a primeira a nova variável Nível de Percepção do Ruído no Presente	70
Figura 14 - Gráfico do número da componente principal e seus respectivos autovalores	70
Figura 15 - Gráfico dos pesos das variáveis nas duas primeiras componentes, sendo a primeira a nova variável Nível de Percepção do Ruído no Passado	73
Figura 16 - Gráfico do número da componente principal e seus respectivos autovalores	73
Figura 17 - Gráfico dos pesos das variáveis nas duas primeiras componentes, sendo a primeira a nova variável Tipologia da Laje	75
Figura 18 - Gráfico do número da componente principal e seus respectivos autovalores	75
Figura 19 - Gráfico dos pesos das variáveis nas duas primeiras componentes, sendo a primeira a nova variável Relação com o Lugar	78
Figura 20 - Gráfico do número da componente principal e seus respectivos autovalores	78
Figura 21 - Gráfico dos pesos das variáveis nas duas primeiras componentes, sendo a primeira a nova variável Baixa Qualidade Ambiental	81
Figura 22 - Gráfico do número da componente principal e seus respectivos autovalores	81

Figura 23 - Gráfico dos pesos das variáveis nas duas primeiras componentes, sendo a primeira a nova variável Qualidade do Apartamento	83
Figura 24 - Gráfico do número da componente principal e seus respectivos autovalores	84
Figura 25 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa $L'nT, w$ e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso	87
Figura 26 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Ruído Ambiente e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso	87
Figura 27 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Idade do Edifício e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso	88
Figura 28 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Tipologia da Laje e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso	88
Figura 29 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Log do Preço e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso	89
Figura 30 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Idade do Entrevistado e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso	89
Figura 31 - Diagrama de dispersão entre as variáveis explicativas Idade do Entrevistado e Relação com o Lugar.....	90
Figura 32 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Relação com o Lugar e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso	90
Figura 33 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Sexo do Entrevistado e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso	91
Figura 34 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Percepção do Ruído no Presente e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso	92
Figura 35 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Percepção do Ruído no Passado e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso.....	92
Figura 36 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Baixa Qualidade Ambiental no Presente e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso	93
Figura 37 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Qualidade do Apartamento e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso	94
Figura 38 - Diagrama de dispersão entre a variável Espessura da Laje e a variável explicativa $L'nT, w$	94
Figura 39 - Diagrama de dispersão entre a variável Tipologia da Laje e a variável explicativa $L'nT, w$	95

Figura 40 - Diagrama de dispersão entre a variável Espessura da Laje e a variável explicativa Idade do Edifício	95
Figura 41 - Diagrama de dispersão entre as variáveis explicativas Idade do Edifício e o $L'nT, w$	96
Figura 42 - Diagrama de dispersão entre as variáveis explicativas Log do Preço e a Qualidade do Apartamento	96
Figura 43 - Diagrama de dispersão entre as variáveis Log do Preço e o $L'nT, w$	97
Figura 44 - Gráfico dos níveis de insatisfação em relação a alguns limites de $L'nT, w$	115
Figura 45- Gráfico de níveis de insatisfação em relação a limites de $L'nT, w$ da FHA - Grad. 1, 2 e 3.....	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados das medições de diferentes configurações de pisos flutuantes	31
Tabela 2 - Valores de referência de $L'nT, w$ recomendados pela norma brasileira NBR 15575-3:2013	34
Tabela 3 - Valores de referência de $L'nT, w$ recomendados pela FHA (HUD) dos Estados Unidos (adaptado de BERENDT, 1967)	35
Tabela 4 - Valores de referência de $L'nT, w$ recomendados pela NBCC do Canadá (adaptado de NADER ELHAJJ, 2002).....	36
Tabela 5 - Valores de referência de $L'nT, w$ recomendados pela BCA da Austrália (adaptado de NADER ELHAJJ, 2002)	37
Tabela 6 - Valores de referência de $L'nT, w$ recomendados pelo IBC em diversos países europeus (adaptado de NADER ELHAJJ, 2002)	38
Tabela 7 - Valores de referência de $L'nT, w$ recomendados pela HLC do Japão (adaptado de NADER ELHAJJ, 2002)	38
Tabela 8-1 - Dados dos levantamentos arquitetônicos e medições acústicas.....	51
Tabela 9 - Qualificação do desempenho acústico dos sistemas de piso ensaiados em relação à norma ABNT NBR 15575:2013.....	54
Tabela 10-1 - Dados do levantamento, das medições e respostas do questionário por entrevistado.....	58
Tabela 11 - Questões originais para a componente Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso	65
Tabela 12 - Composição da nova variável Nível de Insatisfação - resultados em relação às respostas das variáveis originais.....	65
Tabela 13 - Questões originais para a componente Nível de Percepção do Ruído no Presente	68
Tabela 14 - Composição da nova variável Nível de Percepção do Ruído no Presente - resultados em relação às respostas das variáveis originais	69
Tabela 15 - Questões originais para a componente Nível de Percepção do Ruído no Passado	71
Tabela 16 - Composição da nova variável Nível de Percepção do Ruído no Passado - resultados em relação às respostas das variáveis originais	72
Tabela 17 - Composição da nova variável Tipologia da Laje - resultados em relação às variáveis originais	74
Tabela 18 - Questões originais para a componente Relação com o Lugar.....	76

Tabela 19 - Composição da nova variável Relação com o Lugar - resultados em relação às respostas das variáveis originais.....	77
Tabela 20 - Questões originais para a componente Baixa Qualidade Ambiental	79
Tabela 21 - Composição da nova variável Baixa Qualidade Ambiental - resultados em relação às respostas das variáveis originais	80
Tabela 22 - Questões originais para a componente Qualidade do Apartamento.....	82
Tabela 23 - Composição da nova variável Qualidade do Apartamento - resultados em relação às respostas das variáveis originais	82
Tabela 24 - Variáveis adotadas no modelo de regressão linear múltipla	85
Tabela 25 - Dados das variáveis explicativas e a variável resposta Nível de Insatisfação de Ruído de Impacto de Piso.....	86
Tabela 26 - Saída do Minitab para Todas as Regressões Possíveis para o Nível de Insatisfação do Ruído de Impacto de Piso (Q25+Q17+Q15).....	100
Tabela 27 - Escala de Significância de Fisher.....	101
Tabela 28 - Modelos como resposta o Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso (Q25+Q17+Q15).....	104
Tabela 29 - Saída do Minitab para o modelo 1 como resposta o Nível de Insatisfação do Ruído de Impacto de Piso (Q25+Q17+Q15).....	107
Tabela 30 - Simulação para o modelo 1 em função de $L'nT, w$	108
Tabela 31 - Saída do Minitab para o modelo 4 como resposta o Nível de Insatisfação do Ruído de Impacto de Piso (Q25+Q17+Q15).....	109
Tabela 32 - Simulação para o modelo 4 em função de $L'nT, w$	110
Tabela 33 - Saída do Minitab para o modelo 11 como resposta o Nível de Insatisfação do Ruído de Impacto de Piso (Q25+Q17+Q15).....	111
Tabela 34 - Simulação para o modelo 11 em função de $L'nT, w$	112
Tabela 35 - Níveis de insatisfação em relação a alguns limites de $L'nT, w$	115
Tabela 36 - Níveis de insatisfação em relação a limites de $L'nT, w$ da FHA - Grad. 1	115
Tabela 37 - Níveis de insatisfação em relação a limites de $L'nT, w$ da FHA - Grad. 2	116
Tabela 38 - Níveis de insatisfação em relação a limites de $L'nT, w$ da FHA - Grad. 3	118

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM - American Society for Testing and Materials

dB - Decibel

dB(A) - Decibel na curva de ponderação A

BCA - Building Code of Australia

BSL - Building Standard Law

cm - centímetros

C1, C2, C3, C4 - Pontos de colocação da Máquina de Impacto Padrão

C_I - Termo de Adaptação de Espectro

CII ou *IIC* - Classe de Isolamento de Impacto

FHA - Federal Housing Administration

HUD - United States Department Of Housing and Urban Development

Hz - Hertz

ISO - International Organization for Standardization

kg - Kilograma

kHz - Kiloherztz

I - grupo dos entrevistados "Insatisfeitos" em relação ao nível de ruído de impacto de piso

IBC - Institute of Building Control

L_i - Níveis de Pressão Sonora por banda de frequência

L'_n - Níveis de Pressão Sonora Normalizado de Impacto

L'_{nT} - Níveis de Pressão Sonora Padronizado de Impacto

$L'_{n,w}$ - Nível de Pressão Sonora Normalizado Ponderado de Impacto

$L'_{nT,w}$ - Nível de Pressão Sonora Padronizado Ponderado de Impacto

L_p - Nível de Pressão Sonora

L_v - Nível de Velocidade de Radiação

L_w - Nível de Potência Sonora

m - metros

m^2 - metros quadrados

m^3 - metros cúbicos

MI - grupo dos entrevistados "Muito Insatisfeitos" em relação ao nível de ruído de impacto de piso

MPI - grupo dos entrevistados "Muito Pouco Insatisfeitos" em relação ao nível de ruído de impacto de piso

NBCC - National Building Code of Canada

NBR - Norma Brasileira

P1, P2, P3, P4 e P5 - Ponto de colocação do Medidor de Nível de Pressão Sonora

PCA - Análise de Componentes Principais

PD - Pé-direito

PI - grupo dos entrevistados "Pouco Insatisfeitos" em relação ao nível de ruído de impacto de piso

R^2_{Ajust} - Coeficiente de Determinação Ajustado

S - Desvio Padrão da amostra

s - segundos

T - Tempo de Reverberação

$Valor-P$ - Nível de Significância

VIF - Fator de Inflação de Variância

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	18
1.1.	Objetivos	20
1.2.	Relevância	20
1.3.	Metodologia da Pesquisa	21
1.4.	Estrutura da dissertação	22
2.	CONTEXTUALIZAÇÃO	23
2.1.	O Ruído	23
2.2.	O Ruído em edificações	25
2.3.	O isolamento do ruído de impacto	30
2.4.	Radiação Sonora em elementos da edificação	31
2.5.	Caracterização do Isolamento do Ruído de Impacto	33
2.6.	Crítérios estabelecidos em normas e regulamentações	34
3.	METODOLOGIA	39
3.1.	Definição das amostras	41
3.2.	Equipamentos de medição	42
3.3.	Procedimentos de medição e cálculo	44
3.3.1.	Medição do Ruído de Impacto de pisos e Ruído Ambiente - ISO 140-7: 1998	44
3.3.2.	Medição de absorção sonora em ambiente reverberante - ISO 354: 2003	45
3.3.3.	Cálculo do Isolamento de Ruído de Impacto - ISO 717-2: 1996	46
3.3.4.	Cálculo para a determinação da Classe de Isolamento de Impacto (CII) - ASTM E 989: 1989	47
3.4.	Levantamento arquitetônico	48
3.5.	Questionário	48
4.	ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS	50
4.1.	Apresentação dos Dados	50

4.1.1.	Resultados dos Levantamentos Arquitetônicos e Medições Acústicas.....	50
4.1.2.	Resultados do Questionário de Avaliação.....	57
4.2.	Análise dos Dados e Resultados	63
4.2.1.	Análise de Componentes Principais	63
4.2.1.1.	Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso	64
4.2.1.2.	Nível de Percepção do Ruído no Presente.....	68
4.2.1.3.	Nível de Percepção do Ruído no Passado	71
4.2.1.4.	Tipologia da Laje.....	74
4.2.1.5.	Relação com o Lugar.....	76
4.2.1.6.	Baixa Qualidade Ambiental	79
4.2.1.7.	Qualidade do Apartamento.....	82
4.3.	Relação entre variáveis	84
4.4.	Seleção das variáveis e a construção do modelo de regressão.....	97
4.4.1.	Todas as Regressões Possíveis	98
4.4.1.1.	Valor-P	101
4.4.1.2.	Multicolinearidade.....	101
4.4.2.	Regressão por Etapas.....	103
5.	CONCLUSÕES	121
5.1.	Considerações Finais.....	121
5.2.	Proposta para Trabalho Futuro	126
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
	ANEXOS	133
	ANEXO A	134
	ANEXO B	153
	ANEXO C	181
	ANEXO D	195
	ANEXO E	214

ANEXO F..... 214

1

INTRODUÇÃO

A poluição sonora nas grandes cidades é uma constante preocupação em diversos países, os quais vêm desenvolvendo técnicas e procedimentos para o controle do ruído. Sob esta temática, o planejamento urbano tem um forte papel quanto à distribuição dos zoneamentos em função dos usos, como residencial, comercial, industrial, misto, bem como a sistematização dos transportes, de forma a solucionar ou minimizar o problema do ruído, num esforço de pensar a cidade monitorando suas transformações.

Paralelamente a esta forma de pensar as cidades, as mudanças em sua estrutura e consequente aumento da densidade demográfica levaram à otimização e aproveitamento do espaço urbano, com a verticalização das estruturas edificadas, impulsionando assim o desenvolvimento de novas tecnologias na construção civil.

Com esta evolução, a busca por técnicas construtivas e materiais que proporcionassem maior agilidade no tempo da construção associada a custos menos onerosos se tornou inevitável. Esses fatores muitas vezes refletem no desempenho e na qualidade acústica das edificações.

O desempenho acústico em edificações está claramente relacionado ao incômodo gerado pelo ruído, o qual pode ser avaliado por índices estabelecidos em normas e regulamentações, bem como através de uma análise subjetiva efetuada junto aos usuários das edificações.

Tradicionalmente no Brasil, é usual desconsiderar a adequação acústica em edificações, o qual é em geral negligenciado desde o projeto arquitetônico, o que leva os usuários a efetuar intervenções posteriores que, na maioria das vezes, são difíceis e dispendiosas ou até impossíveis.

A fim de proporcionar uma melhoria na qualidade de nossas edificações, e, principalmente, na qualidade de vida dos brasileiros, a norma brasileira ABNT NBR 15575:2013 - Desempenho de Edificações Habitacionais - já está em vigor desde 19 de julho de 2013 e é válida apenas para edificações construídas após esta data. A mesma propõe estabelecer padrões no que se refere à segurança, habitabilidade e sustentabilidade das edificações em nosso país, considerando diversos fatores, dentre eles desempenho térmico e lumínico, até o desempenho acústico, através de parâmetros objetivos e quantitativos que podem ser medidos. Dessa forma, buscam-se o disciplinamento das relações entre os elos da cadeia econômica com a rastreabilidade, a diminuição das incertezas dos critérios subjetivos através de perícias, a instrumentação do Código de Defesa do Consumidor, o estímulo à redução da concorrência predatória e um instrumento de diferenciação das empresas. Avaliar o desempenho dos sistemas construtivos é um avanço tanto para o setor da construção civil, quanto para os consumidores que poderão exigir qualidade para suas moradias.

Em países mais desenvolvidos, existem legislações bastante consolidadas que regulamentam os níveis de isolamento de ruído nas edificações. Nos Estados Unidos, os critérios são recomendados pela *Federal Housing Administration* - FHA do *United States Department Of Housing and Urban Development* - HUD (BERENDT, 1967) desde 1967, tanto para isolamento entre unidades habitacionais, como também entre cômodos de um mesmo apartamento. Ainda, conforme apresenta Nader Elhajj (2002), outros códigos internacionais como o *Building Code of Australia* - BCA, o *National Building Code of Canada* - NBCC, o *Institute of Building Control* - IBC dos países europeus, o *Building Standard Law* - BSL e o *Housing Loan Corporation* - HLC, ambos do Japão, também estabelecem níveis mínimos para o isolamento entre unidades habitacionais, além de apresentar descrições e até mesmo detalhes para a execução de sistemas construtivos, sendo paredes e pisos, e seus respectivos níveis de desempenho acústico.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Neste trabalho, propõem-se a realização de ensaios visando quantificar o ruído de impacto de pisos em edificações residenciais na cidade de Belo Horizonte e avaliar a percepção do incômodo gerado pelo mesmo através de entrevistas.

1.1.2. Objetivos específicos

- Qualificar o desempenho acústico dos sistemas de pisos ensaiados aos níveis estabelecidos pela norma brasileira de desempenho, a ABNT NBR 15575:2013;
- Comparar os níveis adotados pela norma brasileira e pelas demais regulamentações internacionais através dos resultados obtidos nos ensaios acústicos;
- Identificar e caracterizar os sistemas construtivos típicos adotados nas edificações através de um levantamento arquitetônico;
- Estabelecer critérios para uma avaliação subjetiva do incômodo gerado pelo ruído de impacto de pisos;
- Verificar o nível de satisfação ou insatisfação dos usuários em relação ao nível de ruído de impacto de pisos;
- Avaliar se os critérios estabelecidos pela norma brasileira são adequados à percepção dos usuários das edificações;
- Proposição de novo(s) critério(s) para o ruído de impacto de pisos, fundamentado(s) na percepção de incômodo dos usuários.

1.2.Relevância

O ruído de impacto de pisos é tema de alguns trabalhos brasileiros no que se refere à caracterização de desempenho de diversas tipologias de laje/piso e de sistemas de pisos flutuantes como os de Pereyon, 2008; Conarcchia, 2009; Pedroso, 2007 e Ferraz, 2008. Em contrapartida, nenhum trabalho expressivo brasileiro foi desenvolvido a fim de caracterizar subjetivamente o isolamento de ruído de impacto de piso em edificações, exceto no âmbito internacional.

A avaliação subjetiva é um instrumento de grande valia para verificar a percepção dos usuários quanto ao desempenho das edificações, seja ele referente ao isolamento de ruído de impacto de piso, aéreo, bem como para classificar salas de apresentações e concertos, como exemplo de alguns trabalhos apresentados nesta dissertação e que utilizaram desta mesma metodologia de pesquisa.

É importante ressaltar que os sistemas construtivos adotados em nosso país têm suas peculiaridades, e que muitos dos dados apresentados em outros trabalhos internacionais não se aplicam à realidade brasileira, o que reforça a necessidade de conhecermos o comportamento do ruído de impacto de pisos em nossas edificações. Isto é possível através de uma avaliação objetiva com a realização de ensaios experimentais, a fim de quantificar o isolamento do ruído de impacto de pisos e qualificar o desempenho acústico destas edificações.

Com isto, é possível criarmos um banco de dados como referência para avaliarmos os critérios adotados pela norma brasileira, bem como se os mesmos são adequados à percepção dos usuários das edificações.

Para a realização desta pesquisa, foram selecionados apartamentos a serem ensaiados que seriam disponibilizados por amigos e vizinhos colaboradores e, neste sentido, foram encontradas algumas dificuldades. Muitos destes apartamentos não puderam ser ensaiados por recusas, muitas vezes pelo não entendimento do objetivo do trabalho ou por moradores idosos preferirem não ser "incomodados", por brigas, não convivência, incompatibilidade de horário, ou mesmo atrasos no agendamento entre vizinhos.

Além destas, outras dificuldades foram encontradas ao longo de seu desenvolvimento. Nem sempre foi possível levantar com detalhes e precisão as características físicas dos sistemas construtivos em avaliação, principalmente quanto à tipologia da laje. Em alguns casos, foram consultadas as construtoras a fim de se obter os dados necessários, e, devido ao tempo de construção, já não tinham mais os registros das edificações.

1.3. Metodologia da Pesquisa

Neste trabalho, foram realizados ensaios de ruído de impacto de pisos em apartamentos de edificações multifamiliares em Belo Horizonte e entrevistas com os moradores destes apartamentos. Para isto, foram distribuídos um folheto explicativo da pesquisa, bem como uma

carta aos moradores, a fim de se esclarecer seus objetivos e possíveis dúvidas quanto ao procedimento de realização do ensaio e da entrevista, esses apresentados no Anexo E.

1.4. Estrutura da dissertação

Esta dissertação foi estruturada em cinco capítulos, sendo o Capítulo 1 uma introdução ao tema escolhido, com a descrição dos objetivos, da relevância do trabalho e de uma breve descrição da metodologia adotada. O Capítulo 2 apresenta uma contextualização do tema com a revisão bibliográfica, como referência a conceitos e estudos já realizados nesta área. O Capítulo 3 descreve a metodologia adotada, detalhando os procedimentos de ensaio, a definição das amostras, os equipamentos utilizados, os procedimentos de cálculo, bem como a estrutura do questionário de avaliação. Ainda neste capítulo, foram apresentados alguns trabalhos que utilizaram da mesma metodologia de análise subjetiva. Já o Capítulo 4 expõem os dados obtidos no levantamento arquitetônico, nas medições acústicas e nas entrevistas, além da análise destes dados e os resultados. Por fim, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais e propostas para futuros trabalhos.

2

CONTEXTUALIZAÇÃO

2.1. O Ruído

O ruído pode ser definido como todo som indesejável à atividade de interesse, interferindo nos objetivos dos espaços e prejudicando a função do ambiente (SOUZA *et al.*, 2006). O incômodo causado pelo ruído dependerá de suas características tais como frequência, amplitude, duração, e também da reação subjetiva. É o resultado de uma vibração transmitida sob forma de onda mecânica num meio elástico, seja ele sólido, líquido ou gasoso, e portanto, com diferenciação de sua propagação conforme o estado de agregação das moléculas desse meio condutor.

Vários estudos apontam que elevados níveis de ruído no homem podem causar, além de lesões do aparelho auditivo, efeitos físicos e psicológicos, como dores de cabeça, fadiga, distúrbios cardiovasculares, distúrbios hormonais, gastrites, disfunções digestivas, alergias, bem como perda de concentração e de reflexos, perturbações no sono, sensação de insegurança, dentre outros (SOUZA *et al.*, 2006).

Ainda conforme Souza *et al.* (2006), é importante destacar que algumas fontes sonoras são geradoras de ruído decorrentes do crescimento urbano e da industrialização, como transportes rodoviários e aéreos, as atividades industriais e de recreação (Fig. 1).



Figura 1 - Fontes de ruído urbano
(adaptado de SOUZA *et al.*, 2006)

A fim de caracterizar os tipos de ruídos, foram apresentadas algumas definições conforme descrito na norma ABNT NBR 10152: 1987:

- **Nível de Ruído Ambiente:** É o nível de pressão sonora equivalente, em dB(A), no local e horário considerados, na ausência do ruído gerado por fonte sonora interferente. A expressão Ruído de Fundo não é mais admitida;
- **Ruído de caráter impulsivo:** É todo ruído que contém impulsos, que são picos de energia acústica, com duração menor do que um segundo e que se repete a intervalos maiores do que um segundo;
- **Ruído com componentes tonais:** É o ruído que contém sibilos, chiados, zumbidos ou rangidos.

2.2. O Ruído em edificações

No caso de edificações, o ruído pode ser gerado por diversas fontes, como as aéreas e/ou as estruturais. O som gerado por uma conversa, por instrumentos musicais, por equipamentos ou tráfego urbano são exemplos de fontes de ruído aéreo. Já o impacto em pisos e o ruído hidráulico são exemplos de ruído estrutural.

2.2.1. Ruído Áereo

São aqueles produzidos dentro de uma massa de ar de um determinado ambiente e propagado até nossos ouvidos através deste meio elástico (SILVA, 2002).

Segundo Silva (2002), o ruído aéreo pode ser transmitido diretamente através de uma parede ou painel, indiretamente via flanqueamento (através de frestas ou fendas existentes) pelas estruturas vizinhas como pilares, vigas e/ou paredes confluentes, bem como através de janelas, portas, dutos de ar e de água, eletrodutos, entreforros e entrepisos.

Quando elementos da edificação como paredes ou janelas são submetidos a uma variação de pressão sonora, os mesmos vibram e, genericamente, esta vibração é controlada principalmente pela massa da superfície (SOUZA *et al.*, 2006).

2.2.2. Ruído Estrutural

O Ruído Estrutural é gerado por vibrações devido a impactos e/ou excitações dinâmicas (periódicas) de diversas naturezas em componentes da edificação - pisos, paredes, coberturas, entre outros. As superfícies das edificações funcionam como amplificadores dos sons gerados por vibração (METHA *et al.*, 1999).

A Fig. 2 ilustra bem uma excitação dinâmica, em que um equipamento é montado no piso e pode induzir vibrações transmitidas através da estrutura até o pavimento inferior. Além disso, este equipamento irá irradiar energia sonora que, por sua vez, pode excitar o piso. Desta maneira, a vibração criada no piso é determinada pela excitação, e as propriedades dinâmicas e a energia sonora irradiada podem ser determinadas pela maneira como esta vibração é transmitida para o ambiente inferior (VIGRAN, 2008).

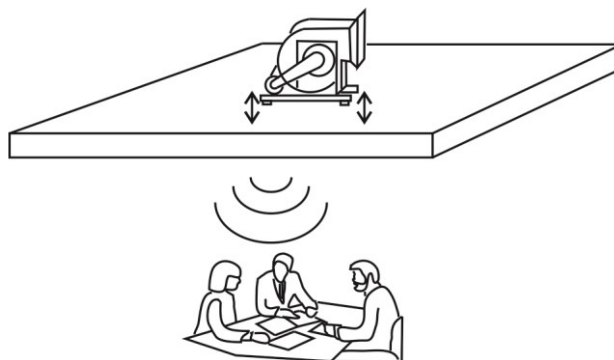


Figura 2 - Fonte geradora de ruído estrutural, transmitido entre ambientes vizinhos (adaptado de VIGRAN, 2008)

Uma das mais importantes e incômodas fontes de ruído em edificações são as de impacto. Neste sentido, os sons produzidos por impactos causam um grande desconforto nos apartamentos vizinhos, principalmente no apartamento inferior, pois se trata de uma eficiente excitação de contato, em que a laje se torna um radiador de energia sonora em ampla faixa de frequências, devido ao movimento vibratório induzido pela excitação localizada (BISTAFA, 2006).

Existem várias fontes de ruído de impacto em pisos, como pisadas, crianças brincando, quedas de objetos, móveis sendo arrastados, vibrações de máquinas, tais como de lavar roupa ou até ventiladores. Algumas destas fontes de impacto geram impulsos devido à queda de massa, e outras geram sinais contínuos (HOPKINS, 2007).

Gerretsen (1976) apresenta em seu trabalho os espectros de ruídos de impacto mais comuns através de uma revisão bibliográfica e de ensaios feitos por ele, e conclui que o ruído produzido por pisadas é a fonte mais frequente de impacto. Neste contexto, foi observado que o caminhar das mulheres tem níveis mais elevados nas bandas de frequência de 1kHz e 2kHz, considerando os sapatos de salto (Fig. 3).

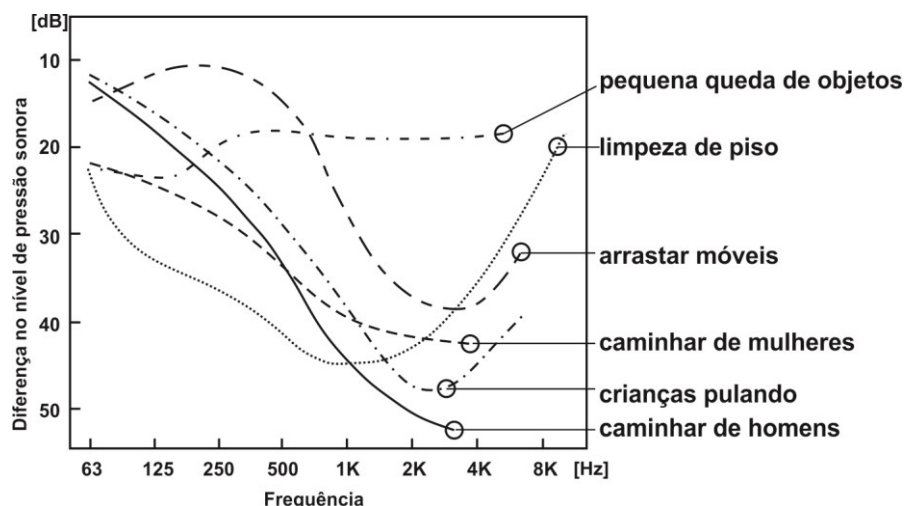


Figura 3 - Níveis de pressão sonora de ruídos de impacto mais comuns em residências (adaptado de GERRETSEN, 1976)

O ruído de impacto de piso pode ser avaliado através de ensaios experimentais (ISO 140-7: 1998; ISO 354: 2003), realizados com uma máquina padronizada de impacto, que contém cinco pequenos martelos de 0,5kg cada um, e são liberados em queda livre de uma altura de 4cm, a uma taxa de dez impactos por segundo (BISTAFA, 2006).

Esta máquina é então posicionada no pavimento superior e produz uma série contínua de impactos rápidos que são medidos no pavimento inferior através de um microfone, como mostra a Fig. 4 (SIMONS e WATERS, 2004).

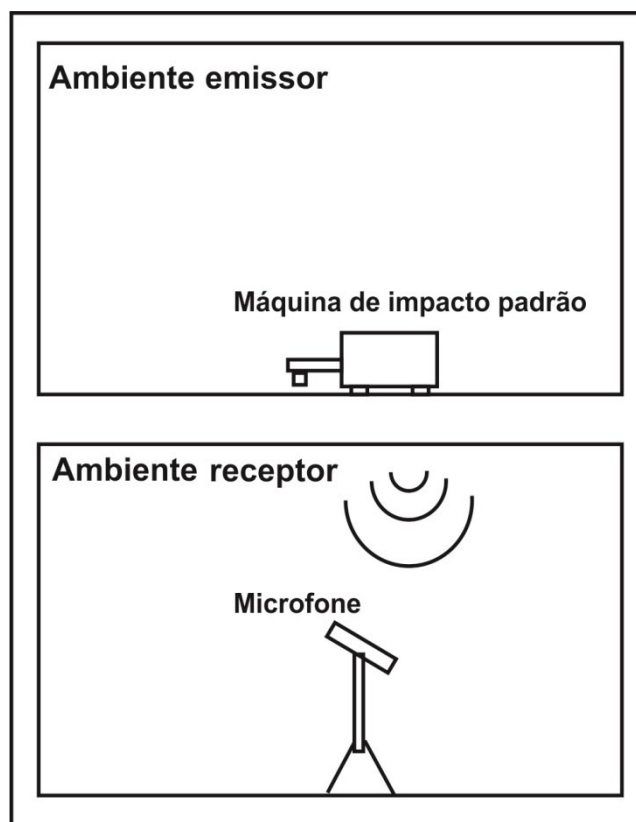


Figura 4 - Condições de ensaio de determinação do nível de ruído de impacto de piso (adaptado de SIMONS e WATERS, 2004)

Muitos trabalhos contribuíram para avaliar o desempenho de sistemas estruturais quanto ao ruído de impacto e/ou aéreo através de medições e alguns fazendo um estudo comparativo entre resultados analíticos e experimentais.

Ford *et al.* (1974) pesquisaram em seu trabalho o ruído emitido pela máquina de ensaio padrão de impacto através do piso de concreto e com alguns materiais de recobrimento, a fim de avaliar o isolamento do ruído de impacto. Através da dedução de uma função de transferência do piso e da análise de espectro do impacto do martelo no chão, foi possível prever o nível de pressão sonora, que concordou com os valores medidos, calibrando o equipamento através da medição da força impulsiva do martelo por um acelerômetro e comparada à força transmitida ao chão. Foi adotado um método digital para a determinação do espectro do martelo. Além disso, concluiu que os resultados dos testes de impacto sobre um tipo de piso depende de quanto "trabalho" o mesmo foi submetido, aumentando sua rigidez, e que o mesmo efeito pode ser considerado em caso de desgaste e sujidade do mesmo.

Utley e Cappelen (1978) investigaram o isolamento sonoro em vigas entre pavimentos de uma edificação de habitações estruturada com madeira. Algumas mudanças propostas nos detalhes de instalação dos pisos foram avaliadas em relação à melhoria no desempenho.

Já Sewell e Savage (1987) avaliaram o desempenho de lajes centrais e periféricas em edifícios de apartamentos quanto ao isolamento de ruído aéreo.

Kimura e Inoue (1989) descrevem um método de cálculo de impedância como estimativa de ruído de impacto de piso e os resultados comparados aos valores medidos, e assim obteve resultados satisfatórios. Verificaram ainda, que o ruído é fortemente influenciado por fatores estruturais como a rigidez da laje.

O trabalho de Fothergill (1988) faz uma importante avaliação das contribuições feitas por Peter Parking, um dos primeiros cientistas a estudar a propagação do som através de estruturas dos edifícios.

Tadeu *et al.* (2007) utilizam soluções analíticas para avaliar o ruído aéreo e isolamento de impacto primeiramente em painéis homogêneos, e em seguida, em painéis de múltiplas camadas. O modelo então foi validado com os resultados experimentais. Através deste modelo, seria possível capturar todos os fenômenos físicos envolvidos na previsão do comportamento acústico dos sistemas simples e de múltiplas camadas de extensão infinita.

O trabalho de Galbrun (2010) examina a modelagem de transmissão de vibrações através de placas/vigas estruturais típicas de edifícios leves, e conclui que a aplicabilidade do modelo se limita apenas às frequências baixas e médias.

Neves e Sousa, e Gibbs (2011) validaram experimentalmente um modelo analítico desenvolvido a fim de investigar o efeito de transmissão do ruído de impacto em baixas frequências no local de impacto, os tipos de piso, as condições de contorno, as dimensões dos piso e do ambiente, a posição do receptor e a absorção do ambiente, através de medições em campo.

No Brasil, Pereyon (2008) avaliou o desempenho de diversas tipologias de lajes quanto ao isolamento ao ruído de impacto.

Cornacchia (2009) investigou o nível de isolamento ao ruído de impacto em sistemas laje/piso de unidades residenciais.

2.3. O isolamento do ruído de impacto

O isolamento acústico promove a redução do nível de ruído gerado em um ambiente para o outro ou do exterior para dentro do ambiente e vice-versa.

O isolamento acústico de impacto pode ser feito por um piso flutuante que consiste na utilização de um material resiliente entre a laje estrutural e o contrapiso, conforme ilustrado na Fig. 5. Desta maneira, o contrapiso e as demais cargas ficam montadas sobre o material resiliente, funcionando como um sistema massa-mola-massa, cuja primeira frequência de ressonância está bem abaixo da frequência mínima de excitação (GERGES, 1992). Os isoladores podem ser coxins de borracha, cortiça ou outros distribuídos uniformemente, placas de lã de vidro ou de rocha, polietileno expandido elastilizado (isopor elastilizado), dentre outros materiais (BISTAFA, 2006).

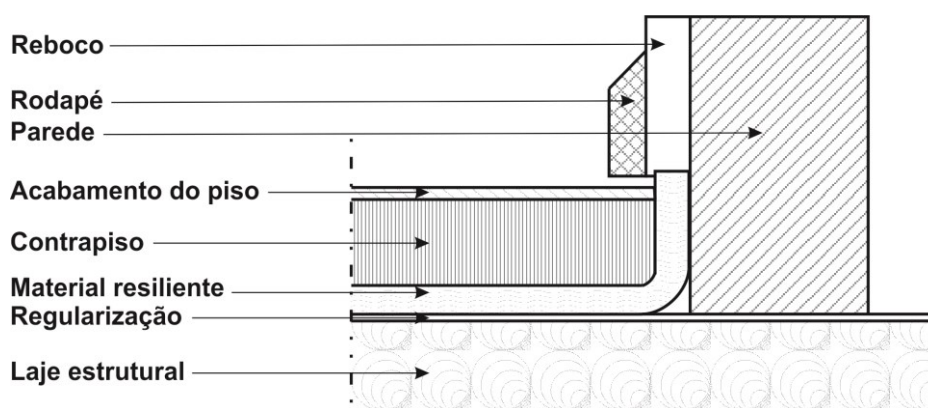


Figura 5 - Sistema de isolamento de impacto de piso
(adaptado de GERGES, 1992)

Diversas contribuições foram feitas para caracterizar o desempenho de sistemas de piso flutuante. Entre elas, podemos destacar algumas, como o trabalho de Ward e Randall (1966) que avaliou a diferença entre o isolamento fornecido por suportes de borracha e o previsto em projeto, além de outros métodos para melhorar o isolamento de vibração em pisos.

Davern (1988) realizou medições com materiais resilientes de aproximadamente 1cm de espessura entre dois pavimentos de uma construção australiana de madeira e observou uma redução da ordem de 10dB no ruído de impacto com a instalação do material resiliente.

Stewart e Craik (2000) apresentaram um modelo teórico para prever a transmissão de ondas de flexão através de placas paralelas ligadas por uma camada resiliente.

Maderuelo-Sanz *et al.* (2011) avaliaram o desempenho acústico de um novo tipo de material feito com resíduos de borracha reciclada e comparado a outros materiais disponíveis no mercado, esse apresentando então, um melhor desempenho de isolamento com uma espessura menor.

No Brasil, podemos destacar os trabalhos de Pedroso (2007) e de Ferraz (2008) que estudaram diversas composições de pisos flutuantes quanto ao desempenho no isolamento ao ruído de impacto. A Tab. 1 apresenta algumas destas composições estudadas por Ferraz (2008) que, juntamente com uma laje maciça de concreto com 10cm de espessura sob contrapiso de concreto de 5cm de espessura, atendem à norma brasileira.

Tabela 1 - Resultados das medições de diferentes configurações de pisos flutuantes

Composições de pisos flutuantes	$L'_{nT,w}$
Laje + polietileno esp. 10mm + argamassa esp. 40mm + porcelanato esp. 9mm	54dB
Laje + Lã de vidro esp. 15mm + argamassa esp. 9mm + porcelanato esp. 9mm	44dB
Laje + 2 Lãs de vidro esp. 50mm + 2 polietilenos esp. 10mm + argamassa esp. 40mm + porcelanato esp. 9mm	36dB

2.4. Radiação Sonora em elementos da edificação

Para avaliar o som transmitido em uma estrutura é fundamental pensar no tratamento completo da radiação sonora. Esta pode ser prevista conhecendo-se as amplitudes de vibração como funções de frequência assim como sua distribuição espacial (CREMER E HECKL, 1988).

Conforme descreve Vigran (2008), o isolamento sonoro de elementos de uma edificação, no caso de transmissão de ruído aéreo ou de impacto, depende de dois fatores: o primeiro é a resposta dinâmica à excitação real sendo um campo acústico ou uma força mecânica direta, e o segundo é a eficiência deste elemento como radiador sonoro.

É possível caracterizarmos a eficiência de uma determinada superfície de vibração como radiadora sonora através do *Fator de Radiação* (σ), também chamado de *Eficiência de Radiação* ou *Taxa de Radiação*, dado pela Eq. (2.1):

$$\sigma = \frac{W}{\rho_0 c_0 S (\bar{v}^2)} \quad (2.1)$$

onde W é a potência irradiada a partir da superfície real de vibração, em uma área S , para um meio circundante de impedância $\rho_0 c_0$. O termo $\bar{v}^2$ representa a amplitude média quadrática da velocidade através da superfície. O denominador desta expressão representa a energia irradiada em uma determinada área parcial S de uma superfície plana infinitamente grande, em que todas as partes vibram em fase com uma velocidade igual ao valor médio, ou seja, em condições de radiação de onda plana. O parênteses na expressão significa que trata-se do valor médio no domínio espacial, isto é, do valor RMS quadrático verificado em todos os pontos da superfície. Como condição para isto, de uma forma prática, é que a velocidade não varia muito de um ponto a outro, e desse modo, pode ser representada como um valor médio. E além de se tomar o valor médio, no domínio do tempo e espaço, um outro tipo de compensação deve ser considerada na prática: a média dentro das faixas de frequência de bandas e terças de oitavas. Assume-se, portanto, que a banda é larga o suficiente para conter vários modos de frequência natural da estrutura.

A determinação de σ é feita geralmente através de medições e também pode ser previsto através de modelos de fontes.

Como exemplo de cálculo, é possível adotarmos um modelo de fonte simples esférica chamada monopolo, com um determinado raio e com volume oscilando em um determinado ângulo. Neste caso, a potência sonora irradiada é dada pela Eq. (2.2):

$$W = \rho_0 c_0 \bar{v}_a^2 \frac{k^2 a^2}{1 + k^2 a^2} S \quad (2.2)$$

onde k é o número de onda e a é o raio da esfera com área $S = 4\pi a^2$. Inserindo esta expressão na Eq. (2.1), pode ser calculado σ conforme a Eq. (2.3):

$$\sigma_{monopolo} = \frac{k^2 a^2}{1 + k^2 a^2} \quad (2.3)$$

Outra forma de determinação de σ é através de medições. Para isto, é necessário encontrar a potência sonora radiada W do elemento em estudo, conhecendo-se o volume da sala reverberante V em que ele está inserido, o tempo de reverberação T da mesma e a média

quadrática espacial da pressão sonora $\bar{P}^2$, esta obtida através de medições de 5 a 10 pontos, calculado pela Eq. (2.4) (CREMER E HECKL, 1988):

$$W = 13,8 \frac{V}{\rho_0 c_0^2 T} \bar{P}^2 \quad (2.4)$$

Na prática, em geral é mais conveniente adotar o nível de potência sonora pela Eq. (2.5) em conjunto com o nível de pressão sonora pela Eq. (2.6):

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_0} \text{ [dB]} \quad (2.5)$$

$$L_P = 10 \log \frac{\bar{P}^2}{\bar{P}_0^2} \text{ [dB]} \quad (2.6)$$

onde os valores de referência $W_0 = 10^{-12}$ watts e $\bar{P}_0 = 2 \times 10^{-5}$ Newtons/m². Podemos relacionar os valores de potência e pressão sonora pela Eq. (2.7):

$$L_P = \frac{\bar{P}^2 S}{\rho_0 c_0} \quad (2.7)$$

Dessa forma, pode-se calcular a eficiência de radiação de um determinado elemento simplesmente através da medição do nível médio de pressão sonora produzido em uma sala reverberante, o nível de velocidade da área de radiação e a área de absorção A (ou o tempo de reverberação) pelas Eqs. (2.8) e (2.9):

$$10 \log \sigma = L_P - L_V + 10 \log \frac{A}{4S} \text{ [dB]} \quad (2.8)$$

$$L_V = 20 \log \frac{\bar{v}}{\bar{v}_0} \text{ [dB]} \quad (2.9)$$

onde L_V é o nível de velocidade e $\bar{v}_0 = 5 \times 10^{-8}$ ms⁻¹ o valor de referência.

2.5. Caracterização do Isolamento do Ruído de Impacto

Para a caracterização do isolamento do ruído de impacto, é possível determinar o *Nível de Pressão Sonora Normalizado Ponderado de Impacto* ($L'_{n,w}$) ou o *Nível de Pressão Sonora Padronizado Ponderado de Impacto* ($L'_{nT,w}$) conforme a norma ISO 717-2: 1996, e a *Classe*

de Isolamento de Impacto (CII) segundo a norma ASTM E 989: 1989, como parâmetros de avaliação.

Os mesmos são determinados através de medições em campo em conformidade às normas ISO 140-7: 1998 e ISO 354: 2003, em que são obtidos os valores dos níveis de pressão sonora L_i em cada banda de frequência e calculados os *Níveis de Pressão Sonora Normalizado de Impacto* (L'_n) ou os *Níveis de Pressão Sonora Padronizado de Impacto* (L'_{nT}), que então são transformados em um único número global ponderado, $L'_{n,w}$ ou $L'_{nT,w}$.

Estes procedimentos serão apresentados detalhadamente no Capítulo 3.

Em alguns trabalhos como os de Josse, 1972; Gerretsen, 1976; Shi *et al*, 1997 e Jeon *et al*, 2009, os autores criticam não só a metodologia de ensaio, mas também a de classificação do ruído de impacto como não sendo satisfatória de acordo com análises subjetivas, o que reforça a necessidade de uma avaliação da satisfação ou insatisfação, por parte dos usuários das edificações, dos níveis estabelecidos como aceitáveis pelas regulamentações, principalmente pela norma brasileira.

2.6. Critérios estabelecidos em normas e regulamentações

Como objetivo deste trabalho, foi feita uma comparação dos níveis adotados pela norma brasileira ABNT NBR 15575-3:2013 e pelas demais regulamentações internacionais através dos resultados obtidos nos ensaios acústicos.

Os critérios adotados para esta comparação são apresentados nas Tabs. 2 a 7:

Tabela 2 - Valores de referência de $L'_{nT,w}$ recomendados pela norma brasileira NBR 15575-3:2013

Elemento	$L'_{nT,w}$	Nível de desempenho
	66 a 80 dB	M (Mínimo)
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	56 a 65 dB	I Intermediário)
	≤ 55 dB	S (Superior)
Sistema de piso de áreas de uso coletivo, para atividades de lazer e esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas, sobre unidades habitacionais autônomas	51 a 55 dB	M (Mínimo)
	46 a 50 dB	I (Intermediário)
	≤ 45 dB	S (Superior)

Tabela 3 - Valores de referência de $L'_{nT,w}$ recomendados pela FHA (HUD) dos Estados Unidos (adaptado de BERENDT, 1967)

Posição relativa entre unidades			Grad. 1	Grad. 2	Grad. 3
Apartamento A	sobre	Apartamento B	$L'_{nT,w}$	$L'_{nT,w}$	$L'_{nT,w}$
Quarto	sobre	Quarto	≤ 55 dB	≤ 58 dB	≤ 62 dB
Sala de Estar	sobre	Quarto	≤ 50 dB	≤ 53 dB	≤ 57 dB
Cozinha	sobre	Quarto	≤ 45 dB	≤ 48 dB	≤ 52 dB
Estar Íntimo	sobre	Quarto	≤ 45 dB	≤ 48 dB	≤ 52 dB
Corredor	sobre	Quarto	≤ 45 dB	≤ 48 dB	≤ 52 dB
Quarto	sobre	Sala de Estar	≤ 55 dB	≤ 58 dB	≤ 62 dB
Sala de Estar	sobre	Sala de Estar	≤ 55 dB	≤ 58 dB	≤ 62 dB
Cozinha	sobre	Sala de Estar	≤ 50 dB	≤ 53 dB	≤ 57 dB
Estar Íntimo	sobre	Sala de Estar	≤ 48 dB	≤ 50 dB	≤ 54 dB
Corredor	sobre	Sala de Estar	≤ 50 dB	≤ 53 dB	≤ 57 dB
Quarto	sobre	Cozinha	≤ 58 dB	≤ 60 dB	≤ 64 dB
Sala de Estar	sobre	Cozinha	≤ 55 dB	≤ 58 dB	≤ 62 dB
Cozinha	sobre	Cozinha	≤ 55 dB	≤ 58 dB	≤ 62 dB
Banheiro	sobre	Cozinha	≤ 55 dB	≤ 58 dB	≤ 62 dB
Estar Íntimo	sobre	Cozinha	≤ 50 dB	≤ 52 dB	≤ 56 dB
Corredor	sobre	Cozinha	≤ 55 dB	≤ 58 dB	≤ 62 dB
Quarto	sobre	Estar Íntimo	≤ 60 dB	≤ 62 dB	≤ 64 dB
Sala de Estar	sobre	Estar Íntimo	≤ 58 dB	≤ 60 dB	≤ 62 dB
Cozinha	sobre	Estar Íntimo	≤ 55 dB	≤ 58 dB	≤ 60 dB
Banheiro	sobre	Banheiro	≤ 58 dB	≤ 60 dB	≤ 62 dB
Corredor	sobre	Corredor	≤ 60 dB	≤ 62 dB	≤ 64 dB

Graduação 1 - recomendado para edificações localizadas em áreas residenciais urbanas silenciosas, com Ruído Ambiente noturno no exterior da edificação entre 35dB(A) e 40dB(A) ou inferior. Recomenda-se também, a utilização desse critério em edifícios de apartamentos onde se deseja o máximo de isolamento sonora, independentemente da localização da edificação.

Tabela 3 - Valores de referência de $L'_{nT,w}$ recomendados pela FHA (HUD) dos Estados Unidos (adaptado de BERENDT, 1967)

Graduação 2 - recomendado para edificações localizadas em áreas residenciais urbanas medianamente silenciosas, com Ruído Ambiente noturno no exterior da edificação entre 40dB(A) e 45dB(A).

Graduação 3 - recomendado para edificações localizadas em áreas com elevado Ruído Ambiente noturno no exterior da edificação, sendo 55dB(A) ou mais, e é considerada a menor isolamento admissível entre ambientes de diferentes unidades de uma edificação.

Nota: A FHA apresenta os critérios como *CII* e os mesmos foram convertidos para $L'_{nT,w}$ como parâmetro de comparação à norma brasileira e às demais que adotam o mesmo índice.

Tabela 4 - Valores de referência de $L'_{nT,w}$ recomendados pela NBCC do Canadá (adaptado de NADER ELHAJJ, 2002)

Elemento	$L'_{nT,w}$
Sistema de piso sem acabamento	≤ 55 dB

Nota: A NBCC apresenta o critério como *CII* e o mesmo foi convertido para $L'_{nT,w}$ como parâmetro de comparação à norma brasileira e às demais que adotam o mesmo índice.

Tabela 5 - Valores de referência de $L'_{nT,w}$ recomendados pela BCA da Austrália (adaptado de NADER ELHAJJ, 2002)

Posição relativa entre ambientes		Classe de Edificação 2	Classe de Edificação 3
Ambiente receptor em uma unidade habitacional inferior	Ambiente emissor em uma unidade habitacional superior	$L'_{nT,w}$	$L'_{nT,w}$
Cozinha ou ambiente não habitado	Cozinha ou ambiente não habitado	≤ 65 dB	≤ 70 dB
Quarto	Cozinha ou ambiente não habitado	≤ 60 dB	≤ 65 dB
Ambiente habitado (exceto Quarto e Cozinha)	Cozinha ou ambiente não habitado	≤ 60 dB	≤ 65 dB
Cozinha ou ambiente não habitado	Quarto	≤ 65 dB	≤ 65 dB
Quarto	Quarto	≤ 60 dB	≤ 65 dB
Ambiente habitado (exceto Quarto e Cozinha)	Quarto	≤ 65 dB	≤ 65 dB
Cozinha ou ambiente não habitado	Ambiente habitado (exceto Quarto e Cozinha)	≤ 65 dB	≤ 65 dB
Quarto	Ambiente habitado (exceto Quarto e Cozinha)	≤ 60 dB	≤ 65 dB
Ambiente habitado (exceto Quarto e Cozinha)	Ambiente habitado (exceto Quarto e Cozinha)	≤ 65 dB	≤ 65 dB
Cozinha ou ambiente não habitado	Casa de Máquinas, Corredor Público, Circulação Interna ou similar	≤ 65 dB	≤ 65 dB
Quarto	Casa de Máquinas, Corredor Público, Circulação Interna ou similar	≤ 60 dB	≤ 65 dB
Ambiente habitado (exceto Quarto e Cozinha)	Casa de Máquinas, Corredor Público, Circulação Interna ou similar	≤ 60 dB	≤ 65 dB

Classe de Edificação 2 - edifícios que contenham 2 ou mais unidades habitacionais (ex: apartamentos, flats).

Classe de Edificação 3 - edifícios residenciais para um número de pessoas com uma casa grande escala de embarque, como casa de hóspedes, pousada, área residencial de um hotel, motel, escola, etc.

Nota: A BCA apresenta os critérios como *CII* e os mesmos foram convertidos para $L'_{nT,w}$ como parâmetro de comparação à norma brasileira e às demais que adotam o mesmo índice.

Tabela 6 - Valores de referência de $L'_{nT,w}$ recomendados pelo IBC em diversos países europeus (adaptado de NADER ELHAJJ, 2002)

Países	Isolamento de ruído de impacto em pisos	
	Índice	Nível de ruído transmitido entre pisos de separação
Áustria	$L'_{nT,w}$	$\leq 48\text{dB}$
Bélgica	$L'_{n,w}$	$\leq 56\text{dB}$
Dinamarca	$L'_{nT,w}$	$\leq 58\text{dB}$
Inglaterra	$L'_{nT,w} + C_I^*$	$\leq 62\text{dB}$
Finlândia	$L'_{n,w}$	$\leq 53\text{dB}$
França	$L'_{n,w}$	$\leq 58\text{dB}$
Alemanha	$L'_{n,w}$	$\leq 53\text{dB}$
Irlanda	$L'_{nT,w}$	$\leq 65\text{dB}$
Holanda	$L_{nT,a}$	$\leq 59\text{dB}$
Noruega	$L'_{n,w}$	$\leq 53\text{dB}$
Polônia	$L'_{n,w}$	$\leq 58\text{dB}$
Suécia (classe C-mínima)	$L'_{n,w} + C_{I,50-2500}^*$	$\leq 58\text{dB}$
Suécia (classe A-parâmetro de qualidade opcional)	$L'_{n,w} + C_{I,50-2500}^*$	$\leq 50\text{dB}$

* C_I - Termo de Adaptação de Espectro, explicado no item 3.3.3

Tabela 7 - Valores de referência de $L'_{nT,w}$ recomendados pela HLC do Japão (adaptado de NADER ELHAJJ, 2002)

Elemento	$L'_{nT,w}$
Separação entre pisos de edifícios de apartamentos para aluguel	$\leq 65\text{dB}$
Separação entre pisos de edifícios de apartamentos para venda	$\leq 60\text{dB}$

3

METODOLOGIA

As medições de ruído de impacto de pisos para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas conforme recomendações das normas ISO 140-7: 1998 *"Field measurements of impact sound insulation of floors"*, ISO 717-2: 1996 *"Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements impact sound insulation"*, ISO 354: 2003 *"Measurement of sound absorption in a reverberation room"* e ASTM E 989: 1989 *"Standard Classification for Determination of Impact Insulation Class - IIC"*.

Paralelamente, foram feitas entrevistas de percepção do incômodo gerado pelo ruído de impacto de pisos com os moradores dos apartamentos onde foram realizados os ensaios, através de um questionário desenvolvido utilizando a metodologia *Survey* para quantificar esse incômodo.

Este questionário foi elaborado durante o curso de Metodologia Quantitativa do Programa de Pós-Graduação em Sociologia da Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas da UFMG, na disciplina "Aspectos Cognitivos da Metodologia de Survey e Construção do Questionário",

ministrada pela Profa. Solange Simões (Profa. Associada da Universidade de Michigan), em junho de 2012.

Alguns trabalhos utilizaram a mesma metodologia de análise subjetiva como o de Langdon *et al.* (1983). Eles analisaram uma amostra de edifícios de múltiplos pavimentos, onde moradores foram entrevistados para avaliar o incômodo causado pelo barulho dos vizinhos quanto ao isolamento aéreo e de impacto sonoro, estes medidos antes da ocupação. Foram encontradas associações significativas entre o desempenho medido e as classificações dos moradores quanto à qualidade de isolamento sonoro em geral.

Bodlund (1985) utilizou um levantamento do isolamento entre habitações modernas suecas feito pelo National Testing Institute em 1983, que compreende medições e entrevistas com lojistas em oito áreas residenciais para avaliar o impacto do isolamento sonoro entre pavimentos.

Grimwood (1997) apresenta em seu artigo, um pequeno estudo realizado na Inglaterra e no País de Gales, onde se pesquisou as queixas do isolamento acústico entre habitações, considerado muito ruim. O objetivo foi determinar os tipos de ruído que geravam incômodo, através de entrevistas com os autores da denúncia e vizinhos, além das medições de isolamento de ruído aéreo e de impacto.

Bento (2011) estudou o impacto dos níveis de exposição ao Ruído Ambiente na percepção de incômodo deste ruído, e a relação de identidade dos entrevistados com o lugar, e concluiu que esta relação afetava diretamente em sua percepção.

Giménez *et al.* (2011) desenvolveram um questionário para avaliar qualitativamente a acústica de salas de concerto espanholas.

Zhang *et al.* (2012) desenvolveram um estudo com o objetivo de revelar o impacto do ruído em ambientes abertos de trabalho na China, através medições acústicas e de entrevistas utilizando questionários. Detectaram que as pessoas são muito pouco satisfeitas com as condições acústicas do ambiente de trabalho comparados a outros fatores ambientais e que, portanto, a influência do ruído nesses ambientes é bastante significativo.

3.1. Definição das amostras

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi definida uma amostragem de conveniência, portanto não probabilística, e que descrevesse uma maior variabilidade possível em relação às variáveis independentes ou explicativas a serem consideradas no tratamento de dados, obtidas no levantamento arquitetônico e nas medições acústicas: o $L'_{nT,w}$ e o nível de Ruído Ambiente medidos, a idade e a tipologia da laje como tipo de sistema construtivo do edifício ensaiado, bem como o preço de venda do apartamento ensaiado.

Uma amostragem é o processo de obtenção de amostras, que é um subconjunto de uma determinada população, que por sua vez é o conjunto de elementos ou resultados sob investigação (MORETTIN e BUSSAB, 2004). A mesma pode ser probabilística ou não probabilística. Na primeira a probabilidade de seleção de cada unidade na amostra é conhecida, ao passo que a segunda depende de critérios e julgamentos estabelecidos pelo pesquisador, normalmente adotada quando não é possível o uso de uma amostragem probabilística, como por exemplo, não se ter acesso aos elementos de uma população em estudo. Sendo assim, pode-se adotar várias formas desse tipo de amostragem, como o caso da amostragem por conveniência. Trata-se, portanto, de uma seleção de elementos sem probabilidades previamente especificadas ou conhecidas, como por exemplo neste trabalho.

Neste sentido foram escolhidas, a princípio, trinta edificações, com uma dupla de apartamentos e definidos os ambientes onde seriam realizados os ensaios (ambiente emissor no apartamento superior e o ambiente receptor no apartamento inferior), a fim de se criar uma base de dados experimentais. Devido às dificuldades encontradas já descritas anteriormente e ao tempo previsto para a finalização deste trabalho, foram feitas apenas quatorze medições, o que representa quatorze amostras.

A Fig. 6 mostra a localização de cada edificação ensaiada na região metropolitana de Belo Horizonte.

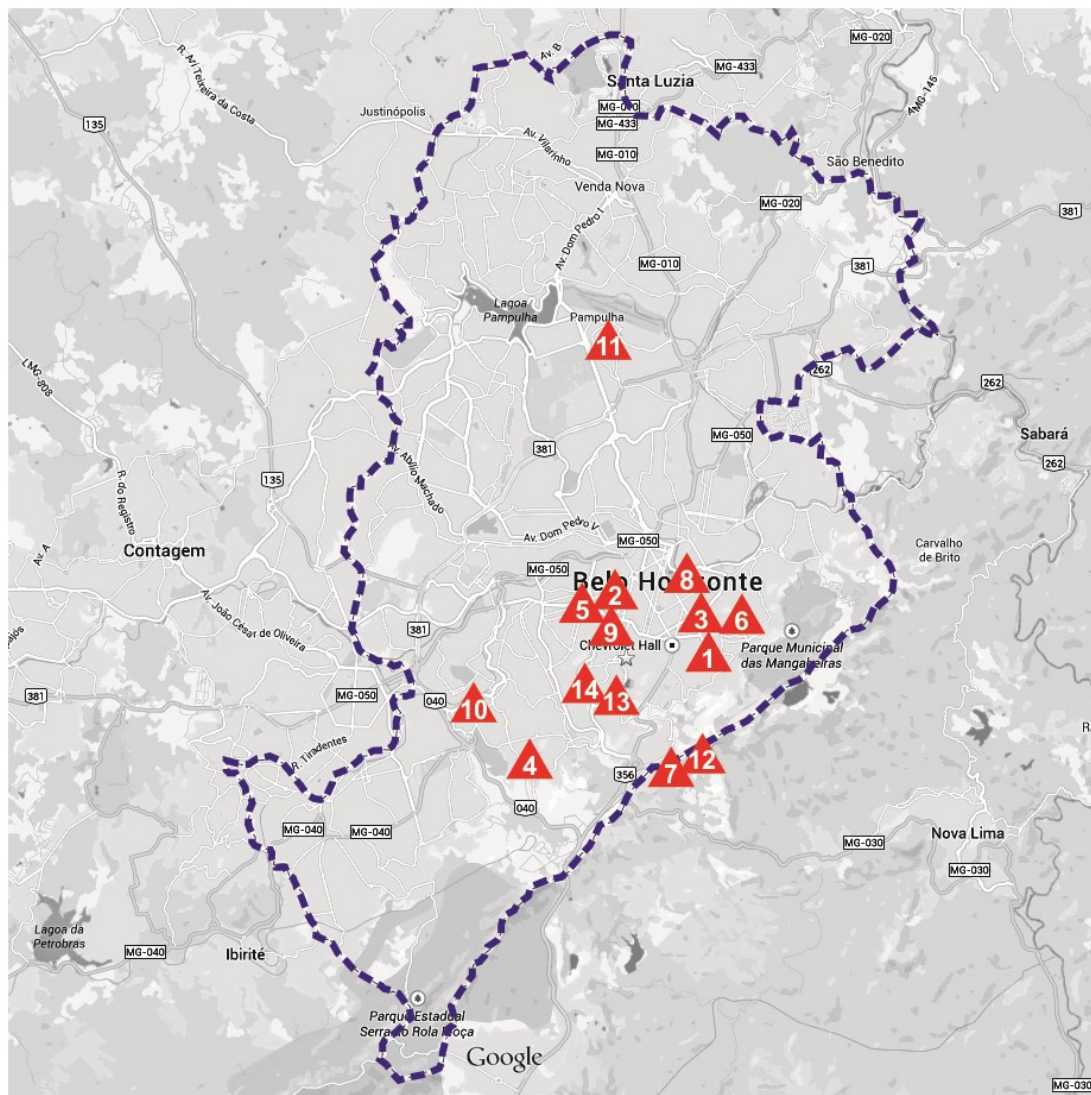


Figura 6 - Mapa da região metropolitana de Belo Horizonte com a localização das edificações ensaiadas

3.2. Equipamentos de medição

Os equipamentos utilizados nas medições foram:

- Medidor de Nível de Pressão Sonora do fabricante 01dB-Stell, modelo SOLO MV1 e número de série 10034;
- Microfone marca GRAS, modelo MCE 212, número de série 57692;

Esses equipamentos são classificados como do tipo 1, conforme padrões estabelecidos pelas normas IEC 651, IEC 804, IEC 61672-1, IEC 1260, ANSI S1.11.

Também foram utilizados:

- Calibrador de Nível de Pressão Sonora do fabricante 01dB-Stell, modelo Cal21 e número de série 00920023(2002), classificado como do tipo 1, conforme padrões estabelecidos pela norma IEC 60942, com precisão de $\pm 0,3\text{dB}$ e com variação de $\pm 2\%$ na frequência de emissão de 1KHz;
- Termo-Higrômetro do fabricante Minipa, modelo MTH-1362 e número de série MB-1362000706.
- Máquina de Impacto Padrão do fabricante Norsonic, modelo Nor277 e número de série 2775688, e atende às especificações estabelecidas pela ISO 140-7 (Fig. 7).

Os equipamentos possuem certificados de calibração com prazos de validade em vigor, emitidos pela empresa TOTAL SAFETY, a qual está integrada à Rede Brasileira de Calibração e devidamente credenciada pelo INMETRO. Os números dos Certificados de Calibração do Medidor de Nível de Pressão Sonora e do Analisador de oitavas emitidos pela TOTAL SAFETY são RBC1-8704-541 e RBC1-8704-627 respectivamente, datados de 31 de outubro de 2013, enquanto o número do Certificado de Calibração do Calibrador de Nível Sonoro é RBC2-8704-548, também datado de 31 de outubro de 2013. O Termo-Higrômetro foi calibrado pela empresa Metrotec, sob a certificação número R00281-13, datado de 28 de janeiro de 2013. Todos os certificados foram apresentados no Anexo F.



Figura 7 - Máquina geradora de ruído de impacto - Padrão ISO 140-7

3.3. Procedimentos de medição e cálculo

Para o início das medições, foi definida a dupla de apartamentos e os ambientes emissor e receptor, sendo quarto sobre quarto, prioritariamente o quarto principal de cada apartamento.

3.3.1. Medição do Ruído de Impacto de pisos e Ruído Ambiente - ISO 140-7: 1998

Primeiramente, foram realizadas as medições do ruído de impacto de pisos usando a máquina de geradora de impacto, descrita no item acima e ilustrada na Fig. 7, conforme o método apresentado na norma ISO 140-7: 1998 "*Field measurements of impact sound insulation of floors*", e especificada no anexo A da mesma.

Foram definidas quatro diferentes posições aleatoriamente distribuídas no piso do ambiente emissor. A distância da máquina de ruído em relação às paredes do espaço deve ser de, no mínimo, 0,5m. Já as posições do microfone no ambiente receptor devem ser de, no mínimo, 0,7m entre si, 0,5m entre qualquer posição e os envoltórios do espaço e 1,0m entre qualquer posição e o piso superior que está sendo excitado pela máquina de ruído. A norma determina um número mínimo de quatro posições fixas do microfone e um número mínimo de seis medições, mas foram adotadas cinco posições uniformemente distribuídas no ambiente receptor permitindo um mapeamento mais preciso do som no espaço. Dessa forma, foram realizadas uma medição em cada posição do microfone para cada posição da máquina de ruído, totalizando vinte medições, realizando um registro de nível sonoro equivalente com intervalo de duração de 1min, em bandas de terças de oitavas.

O nível de pressão sonora das diferentes posições de microfone deve ser a média logarítmica da energia para todas as posições da máquina de ruído, calculada pela Eq. (3.1):

$$L = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\left(\frac{L_i}{10}\right)} \right) \quad [\text{dB}] \quad (3.1)$$

As características do isolamento dos elementos construtivos devem ser expressas em termos de Nível de Pressão Sonora de Impacto, como o nível de ruído de impacto, e definido como o nível de pressão sonora médio para uma determinada frequência, medido no ambiente receptor quando o elemento é excitado com uma fonte padrão. Podem ser calculados o Nível de Pressão

Sonora Normalizado de Impacto (L'_n) ou o Nível de Pressão Sonora Padronizado de Impacto (L'_{nT}), ambos para ensaios em campo, conforme as Eqs. (3.2) e (3.3) respectivamente:

$$L'_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_0} \quad [\text{dB}] \quad (3.2)$$

onde L_i é o nível de Ruído de Impacto [dB], A é a área de absorção sonora do ambiente receptor [m^2] e A_0 é a área de absorção sonora de referência, cujo valor é 10m^2 .

$$L'_{nT} = L_i + 10 \log \frac{T}{T_0} \quad [\text{dB}] \quad (3.3)$$

onde L_i é o nível de Ruído de Impacto [dB], T é o tempo de reverberação no ambiente receptor [s] e T_0 é o tempo de reverberação de referência, cujo valor é 0,5s.

Além das medições do ruído de impacto, também foram realizadas as medições de Ruído Ambiente nas mesmas cinco posições no ambiente receptor. Em alguns casos, é necessário realizar a correção do ruído ambiente. Este deve estar a pelo menos 6dB (e preferencialmente 10db) abaixo do nível do sinal emitido com o ruído ambiente. Se a diferença tiver entre 6dB e 10dB, a correção deve ser feita conforme a Eq. (3.4):

$$L = 10 \log \left(10^{L_{sb}/10} - 10^{L_b/10} \right) \quad [\text{dB}] \quad (3.3)$$

onde L é o Nível do sinal ajustado [dB], L_b é o Nível da combinação do sinal com o ruído ambiente [dB] e L_{sb} é o nível do ruído ambiente [dB].

Caso a diferença for menor ou igual a 6dB em qualquer banda de frequência, deve-se usar a correção de 1,3dB.

3.3.2. Medição de absorção sonora em ambiente reverberante - ISO 354: 2003

Também foram realizadas as medições de absorção sonora no ambiente receptor conforme as recomendações da norma ISO 354: 2003 "*Measurement of sound absorption in a reverberation room*".

Quando uma fonte sonora está presente em um ambiente fechado, o nível do som reverberante aumenta e também o decaimento do mesmo assim que a fonte é desligada. Isto é devido às características de absorção das superfícies deste ambiente, da quantidade de ar presente no

mesmo, bem como dos objetos presentes (ISO 354: 2003). É possível verificar as características do espaço através de medições de absorção sonora ou cálculo para o tempo de reverberação pela Eq. (3.4), equação de Sabine:

$$T = \frac{0,161V}{\sum_{i=1}^n \alpha_n S_n} \text{ [dB]} \quad (3.4)$$

onde V é o volume do ambiente, α_n é o coeficiente de absorção de n materiais presentes no mesmo e S_n é a área destes n materiais. O coeficiente de absorção de cada material é a razão da quantidade de energia sonora absorvida e transmitida por unidade de área pela energia sonora incidente por unidade de área. O total de absorção sonora no ambiente determina o tempo de reverberação no mesmo (SIMONS e WATERS, 2004). Este é definido como o tempo necessário para que a energia sonora decaia 60dB após a fonte ser desligada.

A medição foi realizada através do método de resposta impulsiva integrada, que consiste na utilização de uma fonte impulsiva como um tiro de revólver, um estouro de balão ou qualquer outra fonte que produza um impulso com energia suficiente para excitar todas as bandas de frequência. Foi adotado o estouro de balões como fonte de ruído impulsivo e medindo-se o decaimento sonoro durante 5s em bandas de terças de oitavas.

Foram realizados três estouros (fonte) para cada uma das cinco posições, as mesmas adotadas para as medições de ruído de impacto e ruído ambiente, num total de quinze medições.

3.3.3. Cálculo do Isolamento de Ruído de Impacto - ISO 717-2: 1996

A partir da determinação de L'_n ou de L'_{nT} após a correção do Ruído Ambiente, é possível obter um único número para o isolamento sonoro de impacto em edificações e pisos, adotado como parâmetro de avaliação: o *Nível de Pressão Sonora Normalizado Ponderado de Impacto* ($L'_{n,w}$) ou o *Nível de Pressão Sonora Padronizado Ponderado de Impacto* ($L'_{nT,w}$).

A norma ISO 717-2: 1996 "*Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements impact sound insulation*" determina que os valores de L'_n ou L'_{nT} são obtidos para cada banda de frequência e comparados aos valores de referência apresentados na mesma norma. Para avaliar o resultado da medição, a curva com os valores de referência deve ser movida em direção à curva de valores medidos acrescentando 1dB até que a soma dos valores desfavoráveis (aqueles

acima da curva de valores medidos) seja o mais próximo de 32dB, sem excedê-los. O valor da curva de referência em 500Hz, após este processo, é o $L'_{n,w}$ ou $L'_{nT,w}$.

Outro aspecto que deve ser considerado para a verificação o isolamento é a característica da fonte de ruído. Para isso, usa-se um Termo de Adaptação de Espectro C_I com o objetivo de corrigir as variações no tipo de impacto. O mesmo é calculado conforme as Eqs. (3.5) ou (3.6):

$$C_I = L'_{n,sum} - 15 - L'_{n,w} \quad [\text{dB}] \quad (3.5)$$

$$C_I = L'_{nT,sum} - 15 - L'_{nT,w} \quad [\text{dB}] \quad (3.6)$$

onde $L'_{n,sum}$ ou $L'_{nT,sum}$ é calculado pela Eq. (3.7)

$$L'_{n,sum} \text{ ou } L'_{nT,sum} = 10 \log \left(\sum_{i=1}^k 10^{\left(\frac{L_{n,i}}{10}\right)} \right) \quad [\text{dB}] \quad (3.7)$$

onde $L_{n,i}$ é o nível de pressão sonora na banda de frequência i e k é o número de bandas de frequência.

3.3.4. Cálculo para a determinação da Classe de Isolamento de Impacto (CII) - ASTM E 989: 1989

O desempenho de um sistema construtivo quanto ao isolamento de ruído de impacto pode ser avaliado pelo $L'_{n,w}$ ou $L'_{nT,w}$, como já apresentado, ou pela Classe de Isolamento de Impacto *CII*.

A mesma é obtida em bandas de terça de oitava e, quanto maior o seu valor, maior o isolamento de ruído de impacto de piso submetido ao ensaio com a máquina de ruído de impacto de piso, ao contrário de $L'_{n,w}$ ou $L'_{nT,w}$.

Da mesma forma, para se obter o *CII*, deve-se mover a curva com os valores de referência em direção à curva de valores medidos até que a soma dos valores desfavoráveis (aqueles acima da curva de valores medidos) seja o mais próximo de 32dB, sem excedê-los, e o desvio máximo não pode exceder 8dB. O *CII* é o resultado da subtração de 110 ao valor de referência na frequência 500Hz.

Todos os resultados das medições foram apresentados no Anexo B e adotados como variável dependente no modelo estatístico.

3.4. Levantamento arquitetônico

Para a caracterização do sistema construtivo das edificações estudadas, foi realizado um levantamento arquitetônico dos ambientes ensaiados para determinar suas dimensões, a tipologia e dimensões das lajes, demais componentes estruturais e respectivos revestimentos, a tipologia e dimensões dos elementos de vedação como alvenarias, portas e janelas, bem como a existência ou não de qualquer tipo de projeto de tratamento e/ou isolamento acústicos.

Conforme já mencionado, nem sempre foi possível levantar com detalhes e precisão as características físicas dos sistemas construtivos em avaliação, principalmente quanto à tipologia da laje. Em alguns casos, foram consultadas as construtoras a fim de se obter os dados necessários, e, devido ao tempo de construção, já não tinham mais os registros das edificações.

As plantas e cortes dos ambientes ensaiados serão apresentadas no Anexo A e suas características no Capítulo 4, item 4.1.1. As tipologias de laje e tipo de revestimento de piso foram adotadas como variável dependente no modelo estatístico. Já as fotos dos ambientes serão apresentadas no Anexo C.

3.5. Questionário

O questionário de avaliação do incômodo gerado pelo ruído de impacto de pisos, como mencionado, foi desenvolvido utilizando a metodologia *Survey* (GEER, 1988; SCHUMAN e JORDAN, 1990; GILLJAM e GRANBERG, 1993; BEATTY, 1995; TOURANGEAUS e SMITH, 1996; SUDMAN *et al*, 1996; SIRKEN *et al*, 1999; BRADBRUN *et al*, 2004; BEATTY e WILLIS, 2007; SIMÕES e PEREIRA, 2007; FOWLER, 2009), tendo um total de vinte e seis perguntas, que podem ser divididas em quatro seções, sendo elas: Relação com o lugar, Qualidade Ambiental, Qualidade do Apartamento e Percepção do Ruído de Impacto de Pisos. Essas perguntas propõem avaliar a relação do entrevistado com a cidade, com o bairro e com o prédio, a qualidade do ambiente em que vive, os vizinhos, os ruídos externos e internos, a expectativa dos moradores quanto ao isolamento de ruído, qualidade de isolamento de paredes e pisos de seu apartamento. O mesmo foi apresentado no Anexo D e os dados das entrevistas no Capítulo 4, item 4.1.2.

Procurou-se adotar variadas técnicas para a elaboração das perguntas de acordo com o que se pretendia medir, e em diferentes formatos, como questões abertas (exemplo da questão 1) e fechadas com lista de alternativas (exemplo da questão 3) ou em ordenação (exemplo da questão 5). Também foram utilizadas diferentes escalas como a likert (exemplo da questão 6) e diagramática com diferencial semântico (exemplo da questão 9).

Uma técnica largamente adotada na metodologia *Survey* para construção de questionários foi utilizada neste caso: as perguntas abertas chamadas de *cognitivas*. As mesmas têm a finalidade de avaliar a interpretação do entrevistado em relação a determinada pergunta, ou seja, se a pergunta está realmente medindo o que se pretende. Esta técnica é normalmente adotada somente durante o processo de validação do questionário, mas as questões foram mantidas em todas as entrevistas como possível variável do modelo estatístico.

As entrevistas foram realizadas presencialmente, após as medições e com o máximo de moradores do apartamento, tendo uma maior variabilidade possível de idade e sexo, estes importantes critérios para avaliar a audibilidade.

Para o cruzamento dos dados obtidos nas medições, nos levantamentos e nos questionários, foi adotado um modelo estatístico, cujo procedimento de análise e resultados foram descritos detalhadamente no Capítulo 4.

4

ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

4.1. Apresentação dos Dados

Conforme já mencionado, além das medições para avaliar o nível de ruído de impacto de piso nas edificações, foi feito um levantamento arquitetônico de cada amostra a fim de descrever a tipologia das lajes, bem como caracterizar os ambientes em relação às suas dimensões, mobiliários e materiais. Foram também aplicados os questionários de avaliação e todos os resultados são apresentados a seguir.

4.1.1. Resultados dos Levantamentos Arquitetônicos e Medições Acústicas

Os dados referentes ao levantamento arquitetônico, com a descrição da tipologia das lajes e revestimentos dos piso ensaiados, bem como as características dos ambientes receptores, ou seja, dos apartamentos inferiores, foram apresentadas na Tab. 8.

Tabela 8-1 - Dados dos levantamentos arquitetônicos e medições acústicas

Nº ensa io	Dados dos pisos dos ambientes emissores [cm]			Dados dos levantamentos arquitetônicos nos ambientes receptores [m][m²][m³]										
	Tipologia laje	Tipologia recobrimento	Espesura total	Largura Média	Comp rimen to Médio	Perímetro das Sup. Verticais	Altura (Pé Direito)	Volu me	Área das superfícies vert. (c/ janela e s/ porta)	Área de piso ou teto	Mobília	Cortina	Tapete	Área janela
1	Laje pré-fabricada esp. 8,5cm + laje maciça esp. 10cm	Contrapiso + piso de tábuas corridas esp. 9,5cm	18 cm	2	5,17	16,30	2,27 e 2,78	33	44,29	14,01	Sim	Não	Não	3,21
2	Laje maciça esp. 10cm	Contrapiso + taco + durafloor esp. 8,7cm	18,7 cm	3,45	4	18,43	2,76	43	49,43	15,58	Sim	Tecido fino e persiana	Não	1,00
3	Laje maciça esp. 10cm	Contrapiso + tábuas corridas esp. 7,5cm	17,5 cm	3,10	3	14,35	2,34	28	31	12,17	Sim	Persiana	Não	2,04
4	Laje esp. 15cm	Contrapiso + tábuas corridas esp. 6,5cm	21,5 cm	2,57	3	14,11	2	28	37	10,18	Sim	Tecido	Não	1,00
5	Laje maciça esp. 10cm	Contrapiso + tábuas corridas esp. 4,5cm	14,5 cm	3,10	4,21	20,37	2,435 e 2,63	35	49	14,04	Sim	Tecido	Não	2,00
6	Laje esp. 28cm	Contrapiso + tábuas corridas esp. 5cm	33 cm	3	5,46	21,42	2,50 e 2,685	53	51	20	Sim	Tecido	Sim	5,00
7	Laje maciça esp. 8cm	Regularização + durafloor esp. 2cm	10 cm	3,10	4,59	19,09	2,53 e 2,89	38	50,17	13,72	Sim	Não	Não	2,00
8	Laje maciça esp. 10cm	Contrapiso + taco esp. 4,5cm	14,5 cm	3,01	4,13	15,48	2	36	40,94	13,06	Sim	Tecido	Sim	2,00
9	Laje esp. 20cm	Contrapiso + taco + durafloor esp. 7,5cm	27,5 cm	3,52	4,67	16,82	2,49 e 2,77	41	41	15,11	Sim	Tecido	Sim	3,00
10	Laje painel pré-moldado esp. 5cm	Contrapiso + taco esp. 5cm	10 cm	2,80	3,03	11,66	2,61	22	28	8,48	Sim	Persiana	Não	1,50
11	Laje pré-fabricada esp. 8,5cm	Contrapiso + piso de cerâmica esp. 5,5cm	14 cm	2	3	11,84	2,78	21	31	7,89	Sim	Persiana	Não	1,00
12	Laje esp. 45cm	Contrapiso + tábuas corridas esp. 6cm	51 cm	3,35	6,87	24,59	2,665	67	65	25,38	Sim	Não	Sim	3,00
13	Laje esp. 20cm	Contrapiso + durafloor esp. 5cm	25 cm	2,62	2,86	12,06	2	21	30,83	7,97	Sim	Não	Não	1,67
14	Laje maciça esp. 10cm	Contrapiso + taco esp. 7,5cm	17,5 cm	3,04	3	13,95	2	33,19	36,79	11,96	Sim	Sim	Não	1,92

Tabela 8-2 - Dados dos levantamentos arquitetônicos e medições acústicas

Nº ensaio	Dados dos pisos dos ambientes emissores [cm]			Dados das medições acústicas nos ambientes receptores [dB] [s]						
	Tipologia laje	Tipologia recobrimento	Espessura total	$L'_{nT,w}$ [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]	Nível Ruído Ambiente [dB]	T 250Hz [s]	T 500Hz [s]	T 1 KHz [s]	T 2 KHz [s]
1	Laje pré-fabricada esp. 8,5cm + laje maciça esp. 10cm	Contrapiso + piso de tábuas corridas esp. 9,5cm	18 cm	73	74	38	0,35	0,42	0,45	0,44
2	Laje maciça esp. 10cm	Contrapiso + taco + durafloor esp. 8,7cm	18,7 cm	59	61	35	0,72	0,69	0,71	0,63
3	Laje maciça esp. 10cm	Contrapiso + tábuas corridas esp. 7,5cm	18,7 cm	65	64	33	0,40	0,45	0,55	0,5
4	Laje esp. 15cm	Contrapiso + tábuas corridas esp. 6,5cm	21,5 cm	63	62	39	0,38	0,33	0,33	0,3
5	Laje maciça esp. 10cm	Contrapiso + tábuas corridas esp. 4,5cm	14,5 cm	68	69	49	0,53	0,43	0,47	0,45
6	Laje esp. 28cm	Contrapiso + tábuas corridas esp. 5cm	33 cm	64	67	53	0,54	0,44	0,46	0,44
7	Laje maciça esp. 8cm	Regularização + durafloor esp. 2cm	10 cm	70	71	28	0,59	0,62	0,59	0,6
8	Laje maciça esp. 10cm	Contrapiso + taco esp. 4,5cm	14,5 cm	73	74	31	0,52	0,47	0,38	0,35
9	Laje esp. 20cm	Contrapiso + taco + durafloor esp. 7,5cm	27,5 cm	56	58	34	0,44	0,34	0,35	0,36
10	Laje painel pré-moldado esp. 5cm	Contrapiso + taco esp. 5cm	10 cm	75	74	28	0,44	0,47	0,43	0,43
11	Laje pré-fabricada esp. 8,5cm	Contrapiso + piso de cerâmica esp. 5,5cm	14 cm	81	80	32	0,36	0,34	0,4	0,37
12	Laje esp. 45cm	Contrapiso + tábuas corridas esp. 6cm	51 cm	71	74	32	1,04	1,19	0,98	0,97
13	Laje esp. 20cm	Contrapiso + durafloor esp. 5cm	25 cm	61	59	39	0,55	0,69	0,59	0,56
14	Laje maciça esp. 10cm	Contrapiso + taco esp. 7,5cm	17,5 cm	73	73	30	0,45	0,40	0,37	0,38

As tipologias de lajes levantadas foram verificadas no local de cada ensaio. Em alguns apartamentos, a mesma encontrava-se aparente, já em outros, as informações foram obtidas através dos proprietários, bem como com o levantamento das fachadas. Dessa forma, as espessuras das lajes foram aproximadas, assim como as espessuras dos recobrimentos.

As lajes pré-fabricadas, presentes em algumas amostras, referem-se a um tipo de laje nervurada, com as vigotas unidirecionais. Tratam-se de vigotas de concreto armado, em que são apoiados os blocos cerâmicos. Estes elementos são produzidos pelas indústrias e montados na obra.

Já as lajes maciças são executadas *in loco*, com o uso de fôrmas e em concreto armado em toda a sua extensão.

As demais lajes sem descrição não puderam ser identificadas, e dessa forma não foram classificadas, sendo apenas apresentadas suas espessuras e recobrimentos.

Foram levantadas também outras características, além dos pisos dos ambientes emissores, como as dimensões e a existência de alguns materiais absorventes nos ambientes receptores, essas importantes características para avaliar a absorção sonora em ambiente reverberante. Também foram apresentados na Tab. 8 os dados das medições acústicas com os índices para Ruído de Impacto, o nível de Ruído Ambiente, e alguns tempos de reverberação em determinadas bandas de frequência.

A partir das medições dos objetos em estudo, foi possível qualificar o desempenho acústico dos sistemas de pisos ensaiados aos níveis estabelecidos pela norma brasileira de desempenho, a ABNT NBR 15575:2013, demonstrados na Tab. 9. Como já apresentado no Capítulo 2, a referida norma adota o parâmetro $L'_{nT,w}$ para quantificar esse desempenho.

Tabela 9 - Qualificação do desempenho acústico dos sistemas de piso ensaiados em relação à norma ABNT NBR 15575:2013

Nº ensaio	$L'_{nT,w}$ [dB]	Classificação NBR ABNT 15575:2013
1	73	M (Mínimo)
2	59	I Intermediário)
3	65	I Intermediário)
4	63	I Intermediário)
5	68	M (Mínimo)
6	64	I Intermediário)
7	70	M (Mínimo)
8	73	M (Mínimo)
9	56	I Intermediário)
10	75	M (Mínimo)
11	81	Não atende à norma
12	71	M (Mínimo)
13	61	I Intermediário)
14	73	M (Mínimo)

Como foi possível observar, nenhuma amostra apresentou um nível de ruído de impacto de piso considerado como de classificação superior, ou seja, abaixo de 55dB. Além disso, uma das amostras não atende às exigências da norma brasileira, pois apresentou o nível de 81dB, uma vez que a mesma exige 80dB mínimos.

A partir de então, foi possível comparar os níveis adotados pela norma brasileira e pelas demais regulamentações internacionais através dos resultados obtidos nos ensaios acústicos. Alguns países adotam o parâmetro $L'_{nT,w}$, já outros o $L'_{n,w}$. Dessa forma, estas comparações foram ilustradas em dois gráficos distintos (Figs. 8 e 9), cada um com o respectivo parâmetro adotado. Por este motivo, foram calculados os valores de $L'_{nT,w}$ e $L'_{n,w}$ para os ensaios de impacto de piso nas edificações.

Conforme apresentado nas Tabs. 2 a 7, o parâmetro adotado para essa comparação, no caso da FHA dos EUA, foi para a situação de Quarto sobre Quarto e inserido na Graduação 1, onde o nível de Ruído Ambiente noturno é mais baixo, como na maioria das amostras. No caso da BCA da Austrália, também foi adotada a situação de Quarto sobre Quarto e a Classe da Edificação 2, cujos edifícios têm duas ou mais unidades habitacionais.

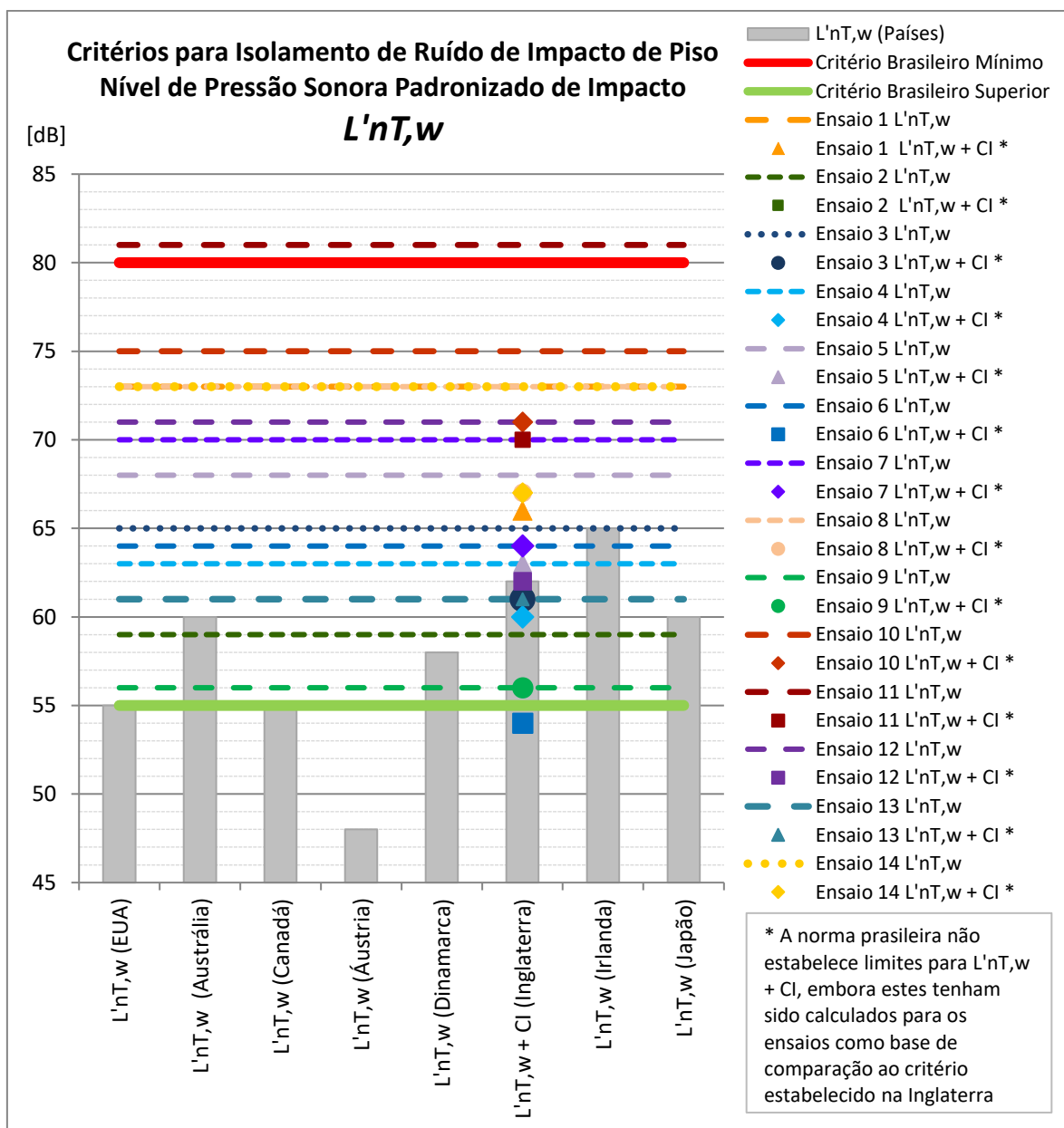


Figura 8 - Gráfico comparativo entre os ensaios, a norma brasileira e demais regulamentações internacionais -  ndice $L'_{nT,w}$

A Fig. 8 comprova que praticamente todas as amostras tiveram seus valores de $L'_{nT,w}$ dentro dos limites estabelecidos pela norma brasileira de 80dB mínimos, exceto uma, dados estes também apresentados na Tab. 8. Além disso, nenhuma edificação ensaiada teve seu  ndice igual ou abaixo de 55dB, valor este adotado como critério superior pela norma brasileira e limite mínimo para a FHA dos EUA e NBCC do Canadá, e que, portanto, não atenderia aos mesmos e   Áustria. Isto indica que nenhuma amostra estaria com o $L'_{nT,w}$ dentro dos limites

estabelecidos pela FHA. Além do Brasil, apenas uma edificação, cujo $L'_{nT,w}$ de 56dB foi o mais baixo, atenderia aos níveis mínimos de cinco países, uma atenderia aos limites de quatro países, quatro atenderiam aos limites de dois países e uma delas atenderia a apenas um país. As outras seis amostras só atenderiam aos limites da norma brasileira, lembrando que uma não atende a nenhuma norma ou regulamentação. É possível observar também que sete amostras, ou seja, metade delas, atenderiam ao limite da Inglaterra, cujo índice é normalmente mais restritivo acrescentando o termo C_I , muitas vezes negativo, ao valor de $L'_{nT,w}$. Para os gráficos dos ensaios e respectivos valores de $L'_{nT,w}$, C_{II} e C_I , ver Anexo B.

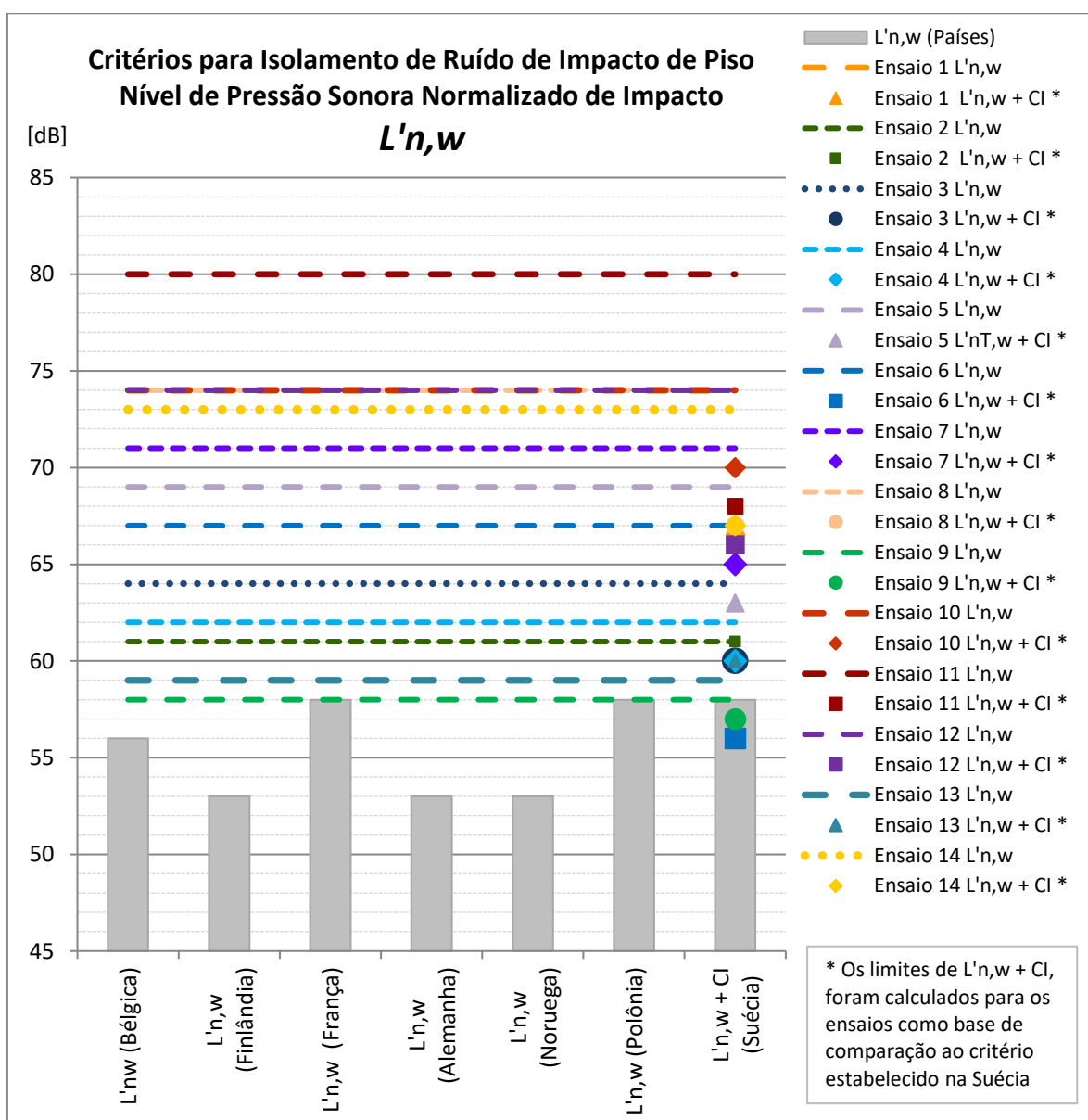


Figura 9 - Gráfico comparativo entre os ensaios e demais regulamentações internacionais - índice $L'_{n,w}$

Já a Fig. 9 compara os valores de $L'_{n,w}$ obtidos nos ensaios com os estabelecidos como mínimos por alguns países que adotam este mesmo índice. Vale ressaltar que não foram adotados os critérios brasileiros neste caso, pois os mesmos são apresentados como $L'_{nT,w}$. É possível verificar que apenas uma amostra atende aos limites estabelecidos por três países, e uma que atende aos limites de um país, sendo este a Suécia que também adota o $L'_{n,w} + C_I$. As doze amostras restantes não atendem aos limites de $L'_{n,w}$ de nenhum país.

4.1.2. Resultados do Questionário de Avaliação

Como exposto no Capítulo 3, os questionários foram aplicados em moradores dos apartamentos ensaiados e seus resultados, juntamente com alguns dados do levantamento arquitetônico e das medições acústicas, foram apresentados na Tab. 10:

Tabela 10-1 - Dados do levantamento, das medições e respostas do questionário por entrevistado

Nº ensaio	Entrevistado	Tipologia piso	$L'_{nT,w}$	Idade edifício	Preço apto.	Nível Ruído Ambiente	Tratamento acústico	Idade entrevistado	Sexo entrevistado
1	1	Laje pré-fabricada esp. 8,5cm + laje maciça esp. 10cm e contrapiso + piso de tábuas corridas = 9,5cm	73	43	R\$ 500.000,00	38	0	85	Feminino
1	2	Laje pré-fabricada esp. 8,5cm e contrapiso + piso de tábuas corridas = 9,5cm	73	43	R\$ 500.000,00	38	0	54	Masculino
2	3	Laje maciça esp. 10cm e contrapiso + taco + durafloor = 8,7cm	59	38	R\$ 1.300.000,00	35	0	61	Feminino
2	4	Laje maciça esp. 10cm e contrapiso + taco + durafloor = 8,7cm	59	38	R\$ 1.300.000,00	35	0	65	Masculino
3	5	Laje maciça esp. 10cm e contrapiso + tábuas corridas = 7,5cm	65	11	R\$ 600.000,00	33	0	36	Feminino
4	6	Laje esp. 15cm e contrapiso + tábuas corridas = 6,5cm	63	15	R\$ 450.000,00	39	0	39	Feminino
4	7	Laje esp. 15cm e contrapiso + tábuas corridas = 6,5cm	63	15	R\$ 450.000,00	39	0	39	Masculino
5	8	Laje maciça esp. 10cm e contrapiso + tábuas corridas = 4,5cm	68	20	R\$ 1.200.000,00	49	0	58	Feminino
6	9	Laje esp. 28cm e contrapiso + tábuas corridas = 5cm	64	25	R\$ 2.200.000,00	53	0	31	Feminino
7	10	Laje maciça esp. 8cm e regularização + durafloor = 2cm	70	3	R\$ 1.300.000,00	28	0	35	Feminino
8	11	Laje maciça esp. 10cm e contrapiso + taco = 4,5cm	73	42	R\$ 900.000,00	31	0	81	Feminino
9	12	Laje esp. 20cm e contrapiso + taco + durafloor = 7,5cm	56	37	R\$ 700.000,00	34	0	63	Masculino
9	13	Laje esp. 20cm e contrapiso + taco + durafloor = 7,5cm	56	37	R\$ 700.000,00	34	0	32	Feminino
10	14	Laje painel pré-moldado esp. 5cm e contrapiso + taco = 5cm	75	43	R\$ 150.000,00	28	0	52	Feminino
11	15	Laje pré-fabricada esp. 8,5cm e contrapiso + piso de cerâmica = 5,5cm	81	12	R\$ 180.000,00	32	0	27	Feminino
12	16	Laje esp. 45cm e contrapiso + tábuas corridas = 6cm	71	15	R\$ 5.000.000,00	32	0	60	Feminino
12	17	Laje esp. 45cm e contrapiso + tábuas corridas = 6cm	71	15	R\$ 5.000.000,00	32	0	70	Masculino
13	18	Laje esp. 20cm e contrapiso + durafloor = 5cm	61	12	R\$ 700.000,00	39	0	33	Feminino
14	19	Laje maciça esp. 10cm e contrapiso + taco = 7,5cm	73	35	R\$ 550.000,00	30	0	67	Masculino
14	20	Laje maciça esp. 10cm e contrapiso + taco = 7,5cm	73	35	R\$ 550.000,00	30	0	35	Feminino

Tabela 10-2 - Dados do levantamento, das medições e respostas do questionário por entrevistado

Nº ensaio	Entrevi stado	Q1	Q2	Q3	Q3_ cognitiva	Q4	Q4_ cognitiva	Q5-1	Q5-2	Q5-3	Q6- A	Q6- B	Q6- C	Q6- D	Q6-E	Q6-F	Q6- G	Q6- H	Q6-I	Q6-J
1	1	40	35	4	Outro	2	Outro	F	H		1	2	2	4	4	4	4	4	4	0,6
1	2	40	35	2	Outro	2	Outro	L	M		2	2	4	4	4	4	4	4	4	0,6
2	3	61	28	2	Outro	2	Ruído	M	M	M	2	4	4	3	3	3	3	4	4	1
2	4	65	28	2	Outro	2	Outro	M	F	G	1	1	1	3	4	4	4	4	4	0,6
3	5	36	5	3	Outro	1	Outro	L	H	A	2	1	4	4	4	4	4	3	3	2
4	6	36	11	2	Outro	2	Outro	M	M	J	2	1	3	3	4	1	4	2	4	1
4	7	39	14	2	Outro	2	Outro	M	M		3	2	2	4	4	2	4	4	4	0,6
5	8	58	20	4	Ruído	4	Ruído	J	F	G	1	1	4	1	4	4	4	4	4	1
6	9	31	7	2	Outro	2	Outro	L			2	3	2	3	4	3	2	4	2	0,6
7	10	35	3	2	Outro	2	Outro	M	A	J	2	2	3	3	2	4	4	3	2	0,6
8	11	42	40	1	Outro	1	Outro	H	G	E	3	2	4	4	4	4	4	2	3	0,6
9	12	62	27	1	Outro	1	Outro	M			2	2	2	4	4	4	4	4	4	3
9	13	32	27	4	Outro	2	Outro	L			4	3	2	4	4	4	4	4	3	2
10	14	29	26	1	Outro	2	Outro	J	M	G	1	3	4	4	4	4	4	4	4	0,6
11	15	2	2	2	Outro	2	Outro	A	C	G	4	1	2	4	4	1	2	2	3	0,6
12	16	45	14	2	Outro	1	Ruído	M			2	1	4	4	4	4	4	3	4	0,6
12	17	70	14	1	Outro	1	Outro	M			2	1	4	4	4	4	4	4	4	0,6
13	18	16	10	2	Outro	2	Outro	J	A	B	2	2	3	3	4	4	4	4	2	2
14	19	64	10	1	Outro	1	Outro	M	M	M	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0,6
14	20	35	10	2	Outro	2	Outro	L	A	J	2	3	4	4	4	2	4	4	4	0,6

Tabela 10-3 - Dados do levantamento, das medições e respostas do questionário por entrevistado

Nº ensaio	Entrevistado	Q7	Q8-1	Q8-2	Q8-3	Q9-1	Q9-2	Q9-3	Q9-4	Q10-1	Q10-2	Q10-3	Q10-4	Q11	Q12	Q13	Q14
1	1	35	D	F	I	9	8	10	9	7	9	9	8	1	6	8	6
1	2	35	N	O		10	10	8	10	8	8	5	10	1	5	9	4
2	3	28	C	O	O	8	2	2	6	6	2	2	4	2	6	4	7
2	4	28	F	I	J	10	10	10	10	10	9	5	10	1	7	10	4
3	5	5	D	J	A	2	2	2	10	10	5	5	10	1	6	2	2
4	6	10	O	O	J	10	10	6	10	10	10	8	9	1	8	10	1
4	7	10	O	O	O	10	9	5	10	10	9	5	6	1	8	7	4
5	8	20	F	D	A	6	3	6	10	3	5	5	7	3	10	7	8
6	9	6	N	J	G	10	3	3	10	10	3	3	10	1	8	8	0
7	10	3	G	H	A	8	4	4	10	7	4	4	5	1	3	9	1
8	11	40	C	D	J	8	8	2	6	10	8	3	8	1	4	9	3
9	12	27	O	G		10	10	10	10	10	10	10	10	1	6	10	1
9	13	27	N			5	5	2	10	8	5	5	10	1	4	3	3
10	14	27	E	F	J	10	10	0	7	4	7	0	8	3	8	6	8
11	15	2	E	A	J	6	0	0	0	0	0	0	0	3	6	0	10
12	16	14	O			10	10	0	10	7	7	0	10	1	5	10	2
12	17	14	O			6	7	3	10	9	5	5	10	1	1	10	1
13	18	0,75	A	H	B	7	9	3	5	10	10	6	10	1	8	9	1
14	19	10	O	O		10	10	5	10	10	8	5	5	1	0	10	2
14	20	10	N	J		7	8	1	10	7	1	1	4	1	4	2	2

Tabela 10-4 - Dados do levantamento, das medições e respostas do questionário por entrevistado

Nº ensaio	Entrevistado	Q15-A	Q15-B	Q16	Q17	Q18	Q19	Q19_cognitiva	Q20
1	1	Não	Não	0	0	J	9	Outro	8
1	2	Caminhar de criança, porta batendo	Sim	2	2	D	3	Outro	7
2	3	Às vezes: caminhar do vizinho de cima, ruído do banheiro de cima, ruído do elevador	Sim	8	6	F	2	Outro	2
2	4	O tamanco da vizinha de cima	Sim	4	4	I	8	Outro	8
3	5	Guitarra e escova de dente do vizinho de cima	Sim	2	2	C	8	Outro	8
4	6	De vizinhos, mas pouco	Sim	2	2	I	7	Outro	9
4	7	Usualmente: arrastar cadeira, gritaria em jogos de futebol	Sim	7	3	I	6	Outro	5
5	8	Porta batendo e salto de madrugada no apto superior	Sim	7	7	K	7	Outro	8
6	9	Não	Não	0	0	I	8	Outro	8
7	10	Conversa, passos, televisão, música, obras nos aptos	Sim	5	5	A	3	Outro	3
8	11	Hoje não. Os meninos de cima são muito educados!	Não	3	0	D	10	Outro	6
9	12	Salto	Sim	2	2	D	9	Outro	7
9	13	Muito raro: ventilador, passos	Sim	1	1	I	9	Outro	9
10	14	Calçado (passos de sapato), máquina de lavar roupa	Sim	5	0	G	0	Ruído impacto de piso	0
11	15	Conversa, descarga, objetos caindo no chão, chuveiro, tv, tudo	Sim	10	6	G	0	Ruído impacto de piso	0
12	16	Construção sim, barulho doméstico não. Ruído de pressão de descarga	Não	0	0	K	9	Outro	5
12	17	Não	Não	1	0	J	10	Nada	10
13	18	Sim, embaixo e em cima às vezes, mas não incomoda	Sim	2	2	D	8	Ruído impacto de piso	8
14	19	Choro da minha neta em cima, piso do pavto superior, não tem festa	Sim	2	0	I	8	Outro	8
14	20	Cachorro latindo, criança chorando, passos, ruído carros garagem, alarme prédio	Sim	5	5	F	9	Outro	6

Tabela 10-5 - Dados do levantamento, das medições e respostas do questionário por entrevistado

Nº ensaio	Entrevistado	Q21-A	Q21-B	Q22	Q23	Q24	Q25
1	1	C	2	Trânsito incomodava muito	10	2	0
1	2	C	2	Oficina mecânica, caminhões passando na porta, vizinho, muita criança	7	2	8
2	3	A	1,15	Não	6,67	2,1	5
2	4	A	1,15	Não	6,67	2,1	10
3	5	C	2	Área Lazer, Banheiro, Piso mais do que neste apto, construção	2	3	8
4	6	C	1	Galo cantando, buteco	8	2	5,35
4	7	C	1	Igreja, buteco	7	2	5,35
5	8	C	2	Era perto da favela e tinha muito cachorro latindo e quadra de esportes no prédio	5	3	5
6	9	A	1,15	Os helicópteros dos vizinhos	5	3	10
7	10	C	2	Ruído externo	8	3	5,35
8	11	C	2	Muito ruído de carro perto da Av. Amazonas	8	3	5,35
9	12	A	1,15	Não	6,67	2,1	10
9	13	A	1,15	Não lembra	6,67	2,1	3
10	14	C	2	No quintal, ruído de lavagem de roupa	8	3	9
11	15	C	1	Vizinhos de blocos e quadra de futebol	3	2	10
12	16	C	2	Imensamente. Trânsito, ruídos domésticos (aéreo), elevador, garagem	10	4	7
12	17	C	2	Subida da rua, carro acelerando, ônibus, gritaria da manobra do ônibus	10	4	5,35
13	18	C	2	Choro de criança o dia todo e pisada, barulho de descarga	8	3	9
14	19	A	1,15	Trânsito, mas quase imperceptível	0	1	3
14	20	A	1,15	Trânsito, cachorro latindo	8	2	10

4.2. Análise dos Dados e Resultados

O modelo adotado para relacionar dos dados obtidos no levantamento arquitetônico, nas medições e nos resultados dos questionários foi um modelo estatístico de Regressão Linear Múltipla, e que consiste em uma função que descreve a relação entre a variável dependente ou de resposta e as variáveis independentes ou regressoras, conforme apresentado a seguir na Eq. (4.1):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_k x_k + \epsilon \quad (4.1)$$

onde Y representa a variável dependente, $x_i, i = 1, \dots, k$, são as k de variáveis independentes, o parâmetro β_0 a interseção no plano, demais parâmetros $\beta_i, i = 1, \dots, k$ os coeficientes parciais de regressão, e ϵ o termo de erro aleatório (MONTGOMERY e RUNGER, 2011).

Modelos de regressão múltipla fornecem uma visão das relações entre essas variáveis que podem ter importantes implicações práticas. O importante é, após a análise dos dados coletados, selecionar o conjunto de regressores a ser usado e que modele adequadamente a variável resposta Y .

Toda a análise foi desenvolvida no software Minitab 17, em que foram lançados os dados coletados nas medições e nas entrevistas.

4.2.1. Análise de Componentes Principais

A fim de diminuir o número de variáveis, foi adotada a técnica de Análise de Componentes Principais (PCA), que permite reduzir a dimensão dos dados sem perdas significativas de informação. A idéia principal é gerar um novo conjunto de variáveis, chamadas componentes principais, que são combinações lineares das variáveis originais e, além disso, ortogonais (e portanto independentes, dentro do arcabouço da distribuição normal) entre si. Com isso, elimina-se possível redundância estatística de informações, e na maioria de suas aplicações as primeiras componentes conseguem explicar grande parte da variabilidade total dos dados originais.

Como descreve Mingoti (2013), a partir da determinação das componentes principais, os seus valores numéricos, chamados de escores, podem ser calculados para cada elemento amostral. Assim, os valores de cada componente podem ser analisados, usando-se técnicas estatísticas

comumente utilizadas como análise de variância e análise de regressão, como adotada neste trabalho, dentre outras.

É importante sabermos interpretar a nova variável a partir das variáveis originais. A primeira componente é o arranjo que melhor representa a variabilidade total dos dados e a segunda componente, perpendicular à primeira, geralmente representa um contraste. Como exemplo, o gráfico da Fig. 11 apresenta os pesos das variáveis que compõem a primeira e a segunda componentes representadas nos eixos x e y respectivamente. A Fig. 12 apresenta a importância de cada componente principal na explicação da variabilidade dos dados originais, representada pelos autovalores correspondentes a cada componente principal. O autovalor é a variância da componente principal, mas também pode ser interpretado como a sua equivalência ao número de variáveis originais, em termos da variabilidade total, e por isso as componentes com autovalor menor que 1 são consideradas residuais.

A seguir, foram apresentadas todas as análises de componentes principais, suas descrições e interpretações em relação à primeira e segunda componentes.

4.2.1.1. Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso

Para se determinar o nível de satisfação ou insatisfação em relação ao nível de ruído de impacto de piso nas edificações ensaiadas, resposta Y do modelo de regressão, foram consideradas as questões 15, 17 e 25, e respectivas subquestões, apresentadas na Tab. 11, variáveis originais do questionário aplicado e que procuram avaliar o incômodo causado pelo ruído da máquina de impacto padrão ("castanhola"), verificar se o usuário escuta algum ruído de vizinhos ou parte da edificação e em que medida este ruído dos vizinhos lhe incomoda. A composição da nova variável está demonstrada na Tab. 12.

Tabela 11 - Questões originais para a componente Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso

Questão original	Enunciado da questão	Perguntas cognitivas
Q15A	Você escuta algum ruído (barulho) de vizinhos ou parte da edificação? Qual?	
Q15B	Em caso positivo, este vem do piso do pavimento superior?	
Q17	Em que medida o ruído (barulho) do(s) seu(s) vizinho(s) dos prédio lhe incomoda? Na escala de 0 a 10, 0 significa nada incomodado e 10 significa extremamente incomodado.	O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
Q25	Em que medida este ruído (barulho) da "castanhola" lhe incomoda? Na escala de 0 a 10, 0 significa nada incomodado e 10 extremamente incomodado.	O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	

Após a análise das respostas obtidas e dos resultados da componente, os entrevistados foram classificados em grupos conforme apresentado na Tab. 12 e na Fig. 10.

Tabela 12 - Composição da nova variável Nível de Insatisfação - resultados em relação às respostas das variáveis originais

Entrevistado	Nova variável	Variáveis originais				
		Q15A1 (Ruído Impacto)	Q15A2 (Ruído Aéreo)	Q15B	Q17	Q25
1	-3,14	0	0	0	0	0,00
2	0,97	1	1	1	2	8,00
3	1,55	1	1	1	6	5,00
4	0,59	1	0	1	4	10,00
5	-0,09	0	1	1	2	8,00
6	-0,26	0	1	1	2	5,35
7	0,99	1	1	1	3	5,35
8	1,75	1	1	1	7	5,00
9	-2,49	0	0	0	0	10,00
10	1,38	1	1	1	5	5,35
11	-2,80	0	0	0	0	5,35
12	0,21	1	0	1	2	10,00
13	0,45	1	1	1	1	3,00
14	0,64	1	1	1	0	9,00
15	1,88	1	1	1	6	10,00
16	-1,79	0	1	0	0	7,00
17	-2,80	0	0	0	0	5,35
18	1,03	1	1	1	2	9,00
19	0,25	1	1	1	0	3,00
20	1,68	1	1	1	5	10,00
Classificação	$\leq 0,25$	Muito Pouco Insatisfeito		$0,5 < x \leq 0,75$	Insatisfeito	
	$0,25 < x \leq 0,5$	Pouco Insatisfeito		$> 0,75$	Muito Insatisfeito	

Notas: Os entrevistados foram classificados de acordo com o nível de insatisfação em relação ao nível de ruído de impacto de piso. O valor de 5,35 na Q25 representa a média das respostas nesta questão e foi adotado para aqueles entrevistados que não estavam presentes durante a medição para avaliar o incômodo do ruído da máquina de impacto de piso padrão ("castanhola"). A Q15A foi dividida em duas variáveis, conforme a presença de Ruído de Impacto e/ou Aéreo nas respostas, sendo Não=0 e Sim=1, o mesmo padrão de respostas adotado para a Q15B.

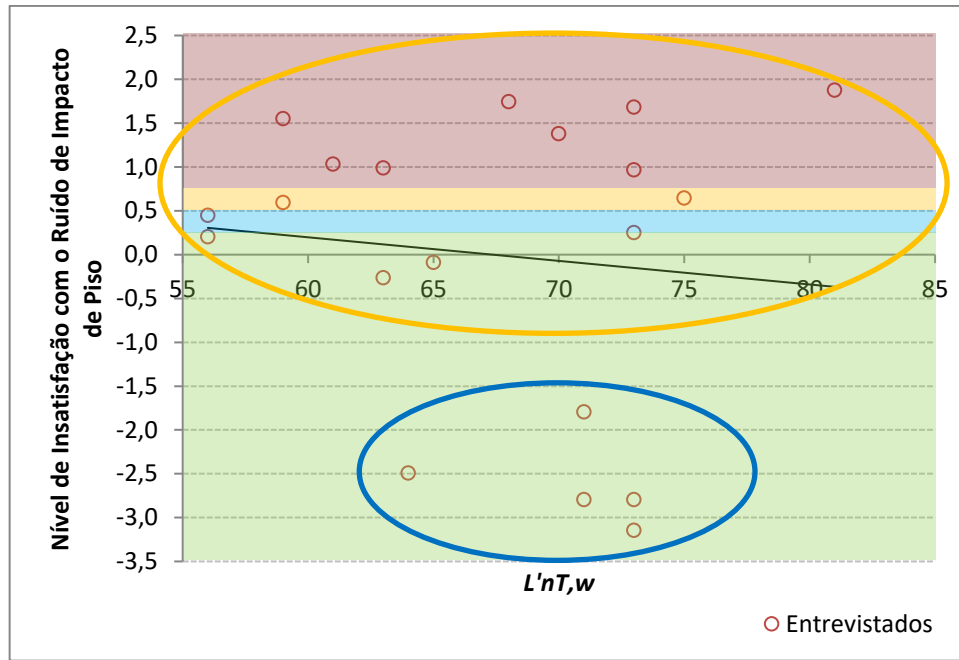


Figura 10 - Relação entre as variáveis Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso e $L'_{nT,w}$

Notas: A área sombreada vermelha destaca os entrevistados considerados como Muito Insatisfeitos (MI) em relação ao nível de ruído de impacto de piso. A área sombreada laranja representa os entrevistados considerados como Insatisfeitos (I), a área sombreada azul os Pouco Insatisfeitos (PI) e a área sombreada verde os Muito Pouco Insatisfeitos (MPI). Ainda, foram destacados dois grupos de entrevistados, bem dissociados um do outro, ambos representados pela forma azul e laranja.

Optou-se por nomear a componente como "Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso" para melhor representar as observações e respostas, e por considerar que nenhum indivíduo está "satisfeito" com o nível de ruído de impacto de piso.

Foi então estabelecido os limites para a classificação dos grupos denominados "Muito Pouco Insatisfeito", "Pouco Insatisfeito", "Insatisfeito" e "Muito Insatisfeito" com a intenção de manter uma divisão equilibrada dos grupos e diminuir o intervalo entre estas classificações:

$\leq 0,25$ = Muito Pouco Insatisfeito (MPI)	$0,25 < x \leq 0,5$ = Pouco Insatisfeito (PI)	$0,5 < x \leq 0,75$ = Insatisfeito (I)	$> 0,75$ = Muito Insatisfeito (MI)
--	---	---	---------------------------------------

Dessa forma, oito entrevistados foram classificados como "Muito Pouco Insatisfeitos", oito como "Muito Insatisfeitos", dois classificados como "Pouco Insatisfeitos" e dois como "Insatisfeitos".

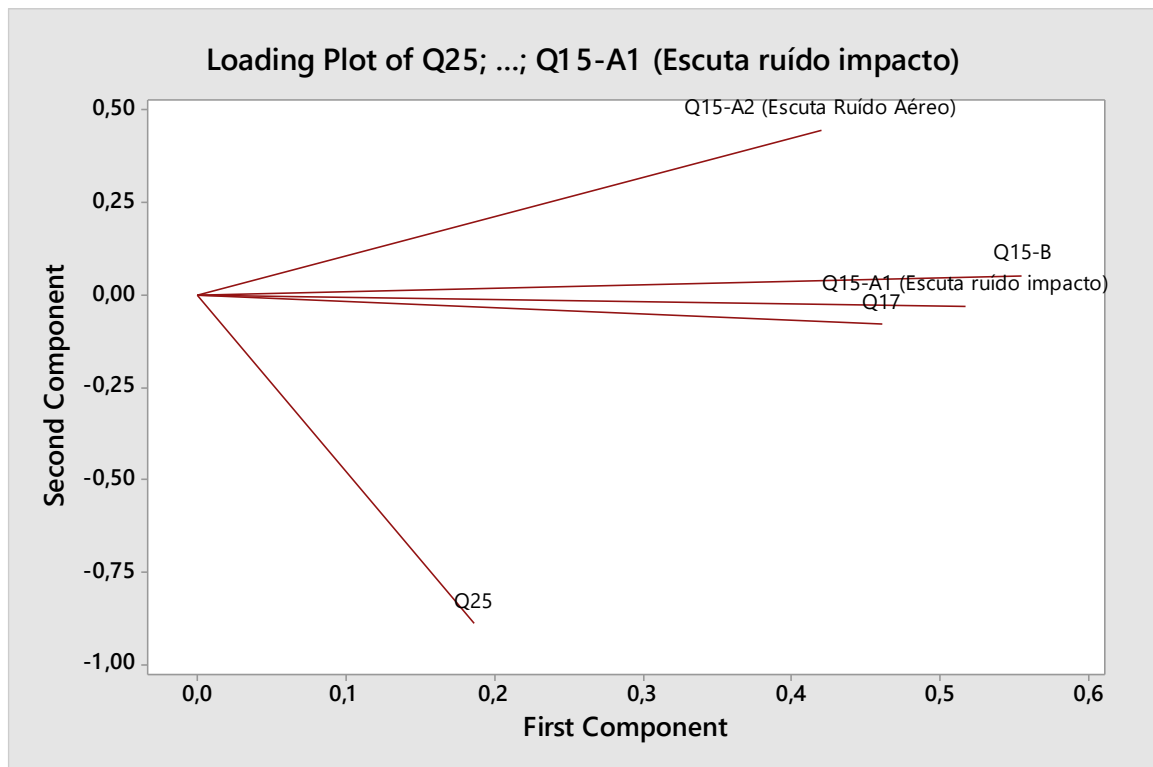


Figura 11 - Gráfico dos pesos das variáveis nas duas primeiras componentes, sendo a primeira a nova variável Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso

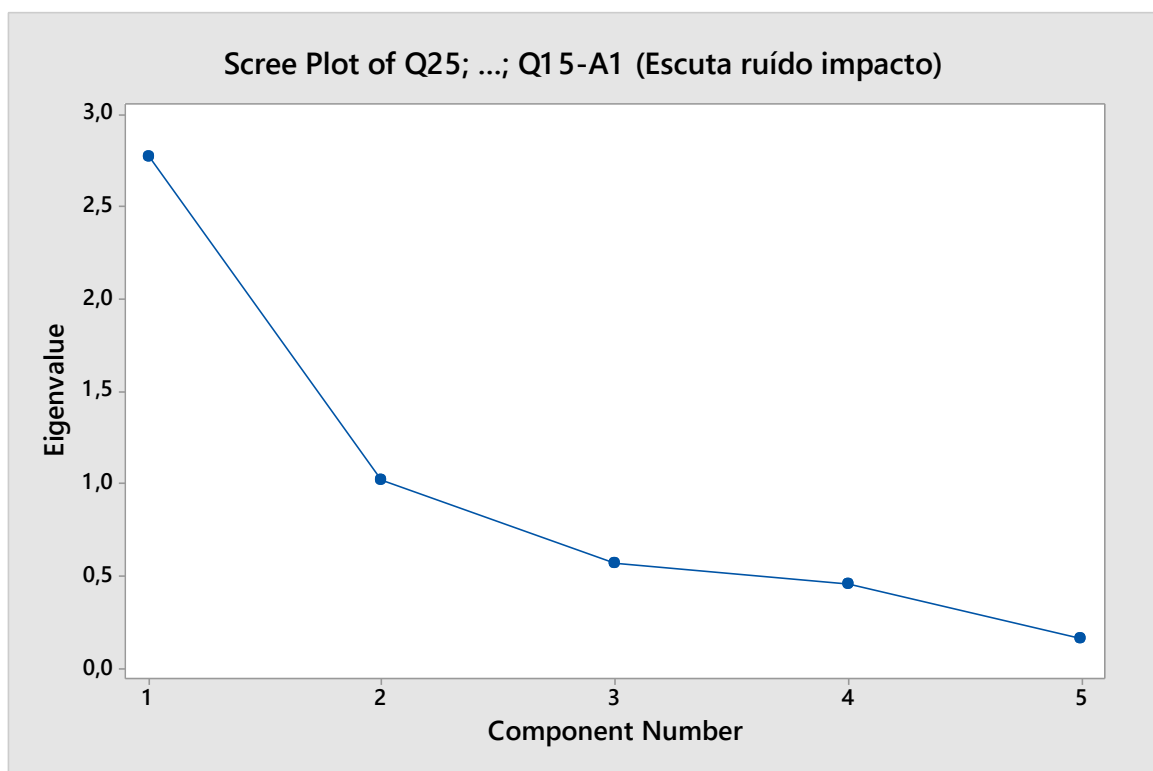


Figura 12 - Gráfico do número da componente principal e seus respectivos autovalores

Pôde-se concluir que a primeira componente seria o nível de insatisfação com o ruído de impacto de piso, pois tem correlação positiva com todas as variáveis envolvidas, apesar da presença do ruído aéreo que influencia na percepção do ruído de impacto (Figs. 11 e 12). A segunda componente representa uma outra dimensão do incômodo que contrasta a Q15A2 (Ruído Aéreo) e a Q25 (insatisfação com o ruído da máquina de impacto de piso padrão), e portanto está relacionado com o tipo de ruído.

4.2.1.2. Nível de Percepção do Ruído no Presente

As variáveis originais, que propõem quantificar a percepção dos entrevistados em relação ao ruído presente foram transformadas em uma componente chamada de "Nível de Percepção do Ruído no Presente". Foram utilizadas nesta transformação as questões 14, 16 e 18, e respectivas subquestões, num total de dez variáveis apresentadas na Tab. 13, e cujos valores utilizados na componente são apresentados na Tab. 14, e avaliam os níveis dos ruídos percebidos pelos usuários no seu edifício atual em relação aos vizinhos e outros fatores e em que momentos do dia eles são percebidos.

Tabela 13 - Questões originais para a componente Nível de Percepção do Ruído no Presente

Questão original	Enunciado da questão	Perguntas cognitivas
Q14	De maneira geral, em que medida você considera o seu prédio ruidoso (barulhento)? Na escala de 0 a 10, 0 significa nada ruidoso (barulhento) e 10 significa extremamente ruidoso (barulhento). 0123456789 10	1. Quando você pensou em prédio, você considerou a entrada do prédio, o vizinho ou outro? 2. O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?
Q16	Em que medida você escuta o ruído (barulho) de seu(s) vizinho(s) do prédio? Na escala de 0 a 10, 0 significa absolutamente nada e 10 extremamente. 0123456789 10	O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?
Q18	Em quais momentos do seu dia você escuta o ruído (barulho) do(s) seu(s) vizinho(s) do prédio? a) Durante todo o dia b) Somente durante a manhã c) Somente durante a tarde d) Somente durante a noite e) Durante a manhã e a tarde f) Durante a manhã e a noite g) Durante a tarde a noite h) Durante os horários de piso (entre 7 e 9hs, ou 17 e 19hs) i) Escuto raramente j) Não escuto nada k) Outro horário (anotar)	

Tabela 14 - Composição da nova variável Nível de Percepção do Ruído no Presente - resultados em relação às respostas das variáveis originais

Entrevistado	Nova variável	Variáveis originais									
		Q14	Q16	Q18 A	Q18 C	Q18 D	Q18 F	Q18 G	Q18 I	Q18 J	Q18 K
1	-0,53	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2	-0,56	4	2	0	0	1	0	0	0	0	0
3	2,28	7	8	0	0	0	1	0	0	0	0
4	-0,20	4	4	0	0	0	0	0	1	0	0
5	-0,91	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0
6	-1,17	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0
7	0,38	4	7	0	0	0	0	0	1	0	0
8	1,91	8	7	0	0	0	0	0	0	0	1
9	-1,76	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
10	-0,26	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0
11	-0,57	3	3	0	0	1	0	0	0	0	0
12	-1,16	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0
13	-0,97	3	1	0	0	0	0	0	1	0	0
14	2,78	8	5	0	0	0	0	1	0	0	0
15	4,13	10	10	0	0	0	0	1	0	0	0
16	-0,63	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1
17	-1,34	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
18	-1,16	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0
19	-0,98	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0
20	0,72	2	5	0	0	0	1	0	0	0	0

Notas: A Q18 foi dividida em oito variáveis, conforme suas subquestões, sendo Não=0 e Sim=1.

Após a análise, concluiu-se que a primeira componente seria o nível de percepção atual dos entrevistados e a segunda o momento do dia em que o ruído dos vizinhos é mais perceptível (Figs. 13 e 14). Nos edifícios mais ruidosos e em que os entrevistados escutam mais, os horários de ruído são: noite e manhã ou tarde. Nos edifícios menos ruidosos e em que os entrevistados escutam menos: nada se escuta ou escuta-se raramente, ou somente durante a noite ou tarde, ou durante o dia todo.

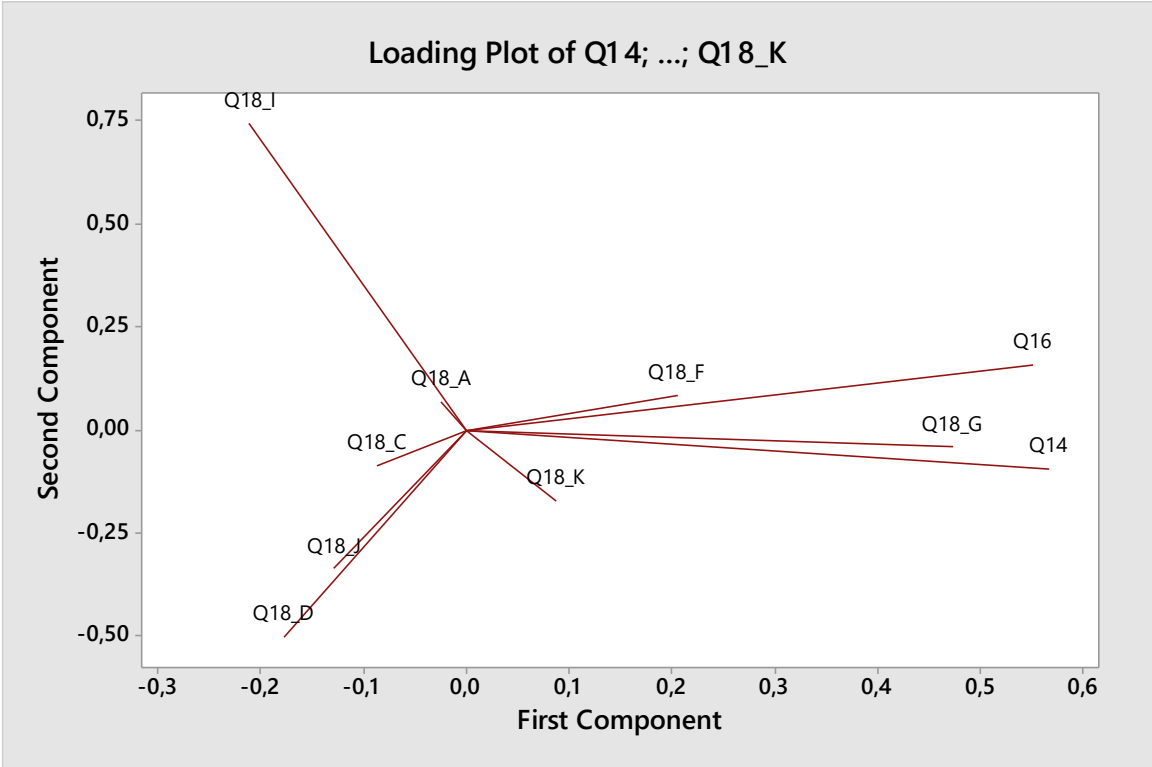


Figura 13 - Gráfico dos pesos das variáveis nas duas primeiras componentes, sendo a primeira a nova variável Nível de Percepção do Ruído no Presente

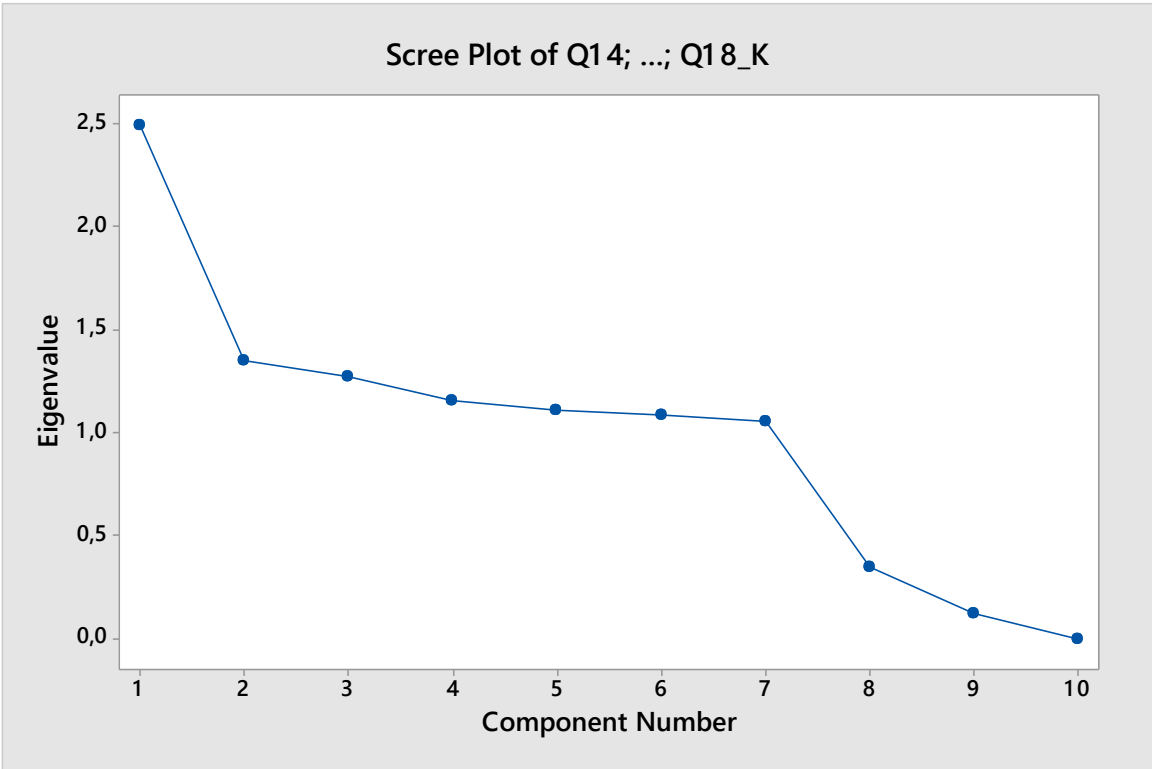


Figura 14 - Gráfico do número da componente principal e seus respectivos autovalores

4.2.1.3. Nível de Percepção do Ruído no Passado

A componente "Nível de Percepção do Ruído no Passado" foi criada a fim de avaliar a percepção dos entrevistados em relação ao nível de ruído onde residiam anteriormente. As variáveis originais utilizadas nesta transformação foram as questões 21, 22, 23 e 24, e respectivas subquestões, apresentadas na Tab. 15, e cujos valores são apresentados na Tab. 16. As mesmas avaliam os níveis dos ruídos percebidos pelos usuários onde residiam anteriormente em relação aos vizinhos e outros fatores, e em que medida provocavam incômodo e se "acostumaram" com o ruído.

Tabela 15 - Questões originais para a componente Nível de Percepção do Ruído no Passado

Questão original	Enunciado da questão	Perguntas cognitivas
Q21A	Onde você morou antes de se mudar para este apartamento? a) Casa na cidade b) Casa em condomínio fechado c) Apartamento	
Q21B	Caso você tenha morado em apartamento, este era de cobertura? 1. Sim 2. Não	
Q22	Você percebia algum ruído (barulho) onde você morava antes? Qual?	
Q23	Em que medida este ruído (barulho) lhe incomodava? Na escala de 0 a 10, 0 significa nada incomodado e 10 significa extremamente incomodado. 012345678910	O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?
Q24	Você se "acostumou" com este ruído (barulho) onde você morava antes? 1. Me "acostumei" e não me incomodava; 2. Me "acostumei", mas, às vezes, me incomodava; 3. Não me "acostumei", mas convivia bem com o ruído (barulho); 4. Não me "acostumei" e o ruído (barulho) me incomodava muito.	O que você entende por "acostumar"?

Tabela 16 - Composição da nova variável Nível de Percepção do Ruído no Passado - resultados em relação às respostas das variáveis originais

Entrevistado	Nova variável	Variáveis originais				
		Q21	Q22_1 (Ruído Impacto)	Q22_2 (Ruído Aéreo)	Q23	Q24
1	0,73	3	0	1	10	2
2	1,05	3	1	1	7	2
3	-1,79	2	0	0	6,67	2,1
4	-1,79	2	0	0	6,67	2,1
5	1,14	3	1	1	2	3
6	-0,71	2	0	1	8	2
7	-0,84	2	0	1	7	2
8	0,82	3	0	1	5	3
9	-0,37	2	0	1	5	3
10	1,20	3	0	1	8	3
11	1,20	3	0	1	8	3
12	-1,79	2	0	0	6,67	2,1
13	-1,79	2	0	0	6,67	2,1
14	1,20	3	0	1	8	3
15	-1,35	2	0	1	3	2
16	2,17	3	0	1	10	4
17	2,17	3	0	1	10	4
18	1,90	3	1	1	8	3
19	-2,45	2	0	1	0	1
20	-0,71	2	0	1	8	2

Notas: O valor de 6,67 e 2,1 nas questões Q23 e Q24 respectivamente representam a média das respostas nestas questões e foram adotados para aqueles entrevistados que responderam Não na Q22. Esta foi dividida em duas variáveis, conforme a presença de Ruído de Impacto e/ou Aéreo nas respostas, sendo Não=0 e Sim=1.

Foi possível concluir que a primeira componente seria o nível de percepção antes de se mudarem para os apartamentos ensaiados (Figs. 15 e 16).

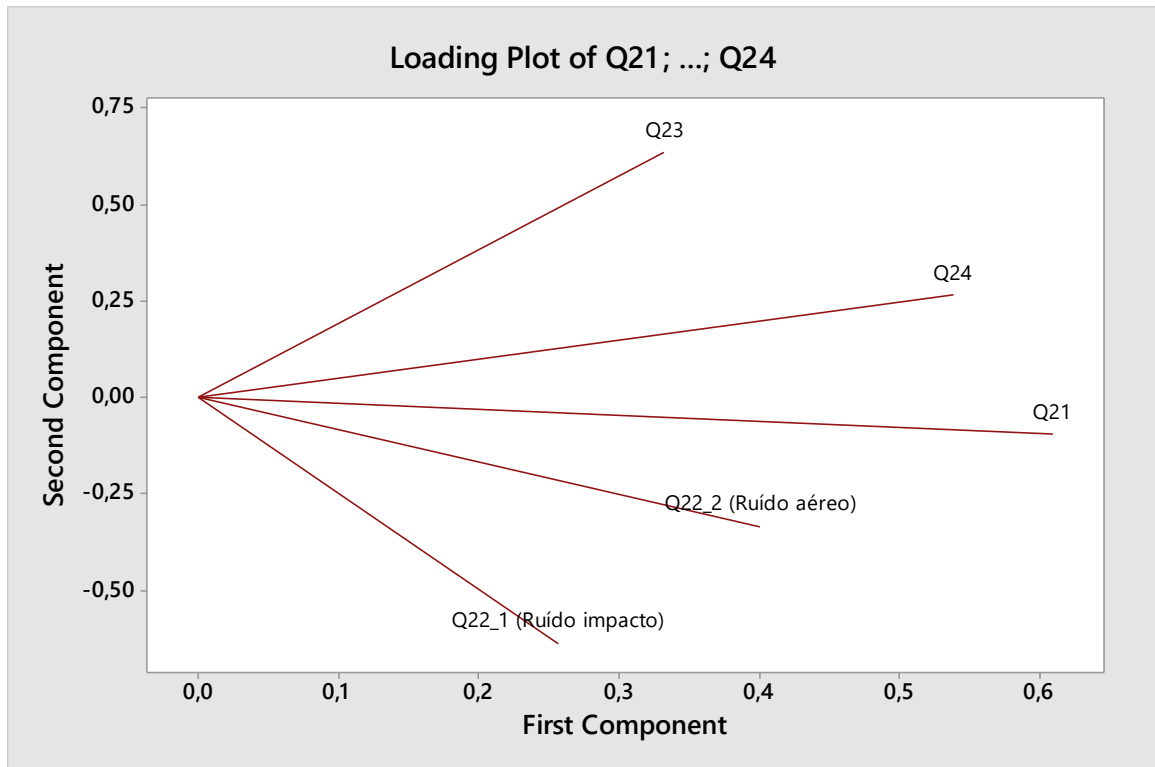


Figura 15 - Gráfico dos pesos das variáveis nas duas primeiras componentes, sendo a primeira a nova variável Nível de Percepção do Ruído no Passado

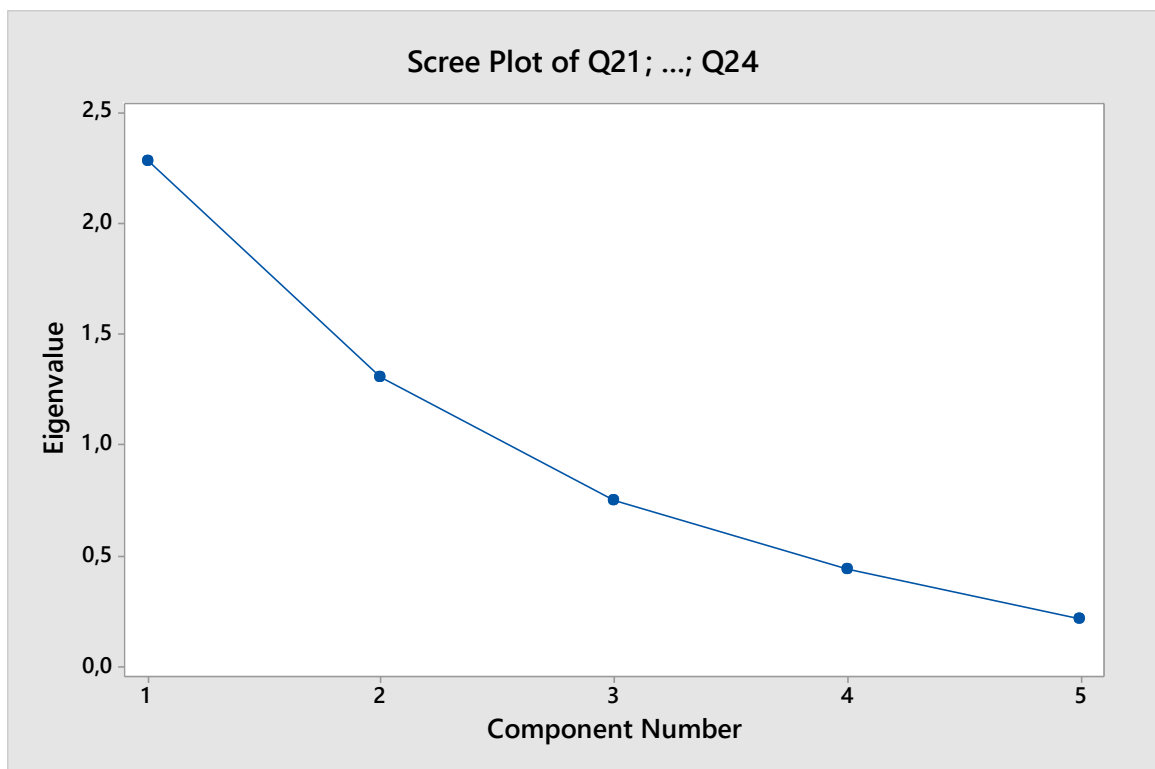


Figura 16 - Gráfico do número da componente principal e seus respectivos autovalores

4.2.1.4. Tipologia da Laje

Esta componente, denominada "Tipologia da Laje", foi obtida através das variáveis originais "classificação da laje" que descreve o sistema construtivo adotado em cada amostra, "espessura da laje" e "espessura do contrapiso (ou regularização) mais o piso", dados estes obtidos através do levantamento arquitetônico *in loco* e/ou informações dos proprietários, cujos valores utilizados na componente são apresentados na Tab. 17 e já descritos anteriormente. Como já mencionado, algumas tipologias de laje não puderam ser identificadas, sendo elas entre as de maior espessura levantada.

Tabela 17 - Composição da nova variável Tipologia da Laje - resultados em relação às variáveis originais

Entrevistado	Nova variável	Variáveis originais			
		Tipologia laje nº1	Tipologia laje nº2	Espessura laje	Espessura contrapiso + piso
1	2,30	1	1	8,5	9,5
2	2,30	1	1	8,5	9,5
3	1,10	1	0	10,0	8,7
4	1,10	1	0	10,0	8,7
5	0,87	1	0	10,0	7,5
6	-0,69	0	0	15,0	6,5
7	-0,69	0	0	15,0	6,5
8	0,27	1	0	10,0	4,5
9	-1,70	0	0	28,0	5,0
10	-0,12	1	0	8,0	2,0
11	0,27	1	0	10,0	4,5
12	-0,77	0	0	20,0	7,5
13	-0,77	0	0	20,0	7,5
14	0,51	0	1	5,0	5,0
15	0,42	0	1	8,5	5,5
16	-2,44	0	0	45,0	6,0
17	-2,44	0	0	45,0	6,0
18	-1,27	0	0	20,0	5,0
19	0,87	1	0	10,0	7,5
20	0,87	1	0	10,0	7,5

Notas: A variável "Tipologia da laje" foi dividida em duas, sendo que seus valores juntos representam: 1 e 1=laje pré-maciça+laje pré-fabricada; 0 e 1=laje pré-fabricada; 1 e 0= laje maciça; 0 e 0=laje desconhecida.

A primeira componente representa as tipologias de laje maciça e pré-fabricada, cujas espessuras são menores, e a segunda contrapõe a laje pré-fabricada à laje maciça (Figs. 17 e 18).

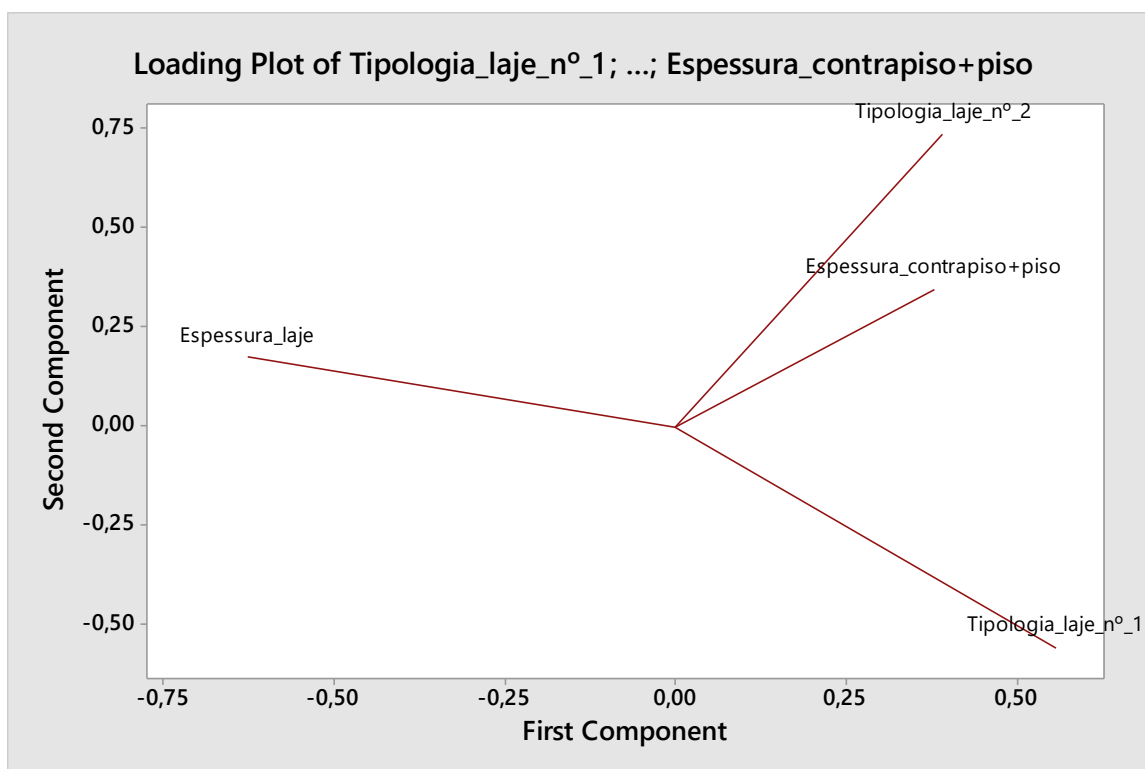


Figura 17 - Gráfico dos pesos das variáveis nas duas primeiras componentes, sendo a primeira a nova variável Tipologia da Laje

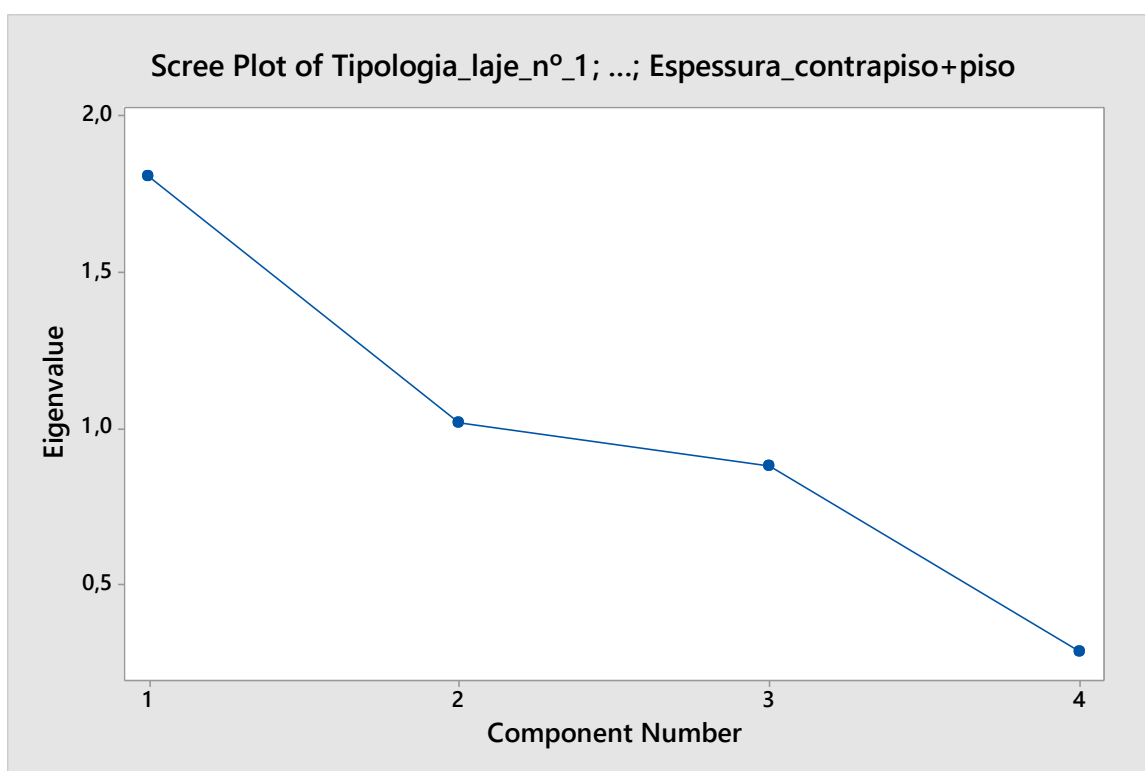


Figura 18 - Gráfico do número da componente principal e seus respectivos autovalores

4.2.1.5. Relação com o Lugar

Esta nova variável propõe avaliar a relação de cada entrevistado com o lugar em que ela viveu anteriormente e vive hoje, como a cidade de Belo Horizonte, seu bairro, e até seu edifício. Foram consideradas as variáveis originais para esta PCA as questões 1, 2, 7, 9, 10, 11 e 13, e suas respectivas subquestões apresentadas na Tab. 18, que descrevem há quanto tempo os usuários residem em Belo Horizonte, no seu bairro e no seu edifício, as razões que os levaram a se mudarem para os novos bairros e edifícios, bem como sua relação com a cidade, seu bairro e seu edifício. A composição da nova variável está demonstrada na Tab. 19.

Tabela 18 - Questões originais para a componente Relação com o Lugar

Questão original	Enunciado da questão	Perguntas cognitivas																						
Q1	Gostaria de saber há quanto tempo você reside (mora) em Belo Horizonte?																							
Q2	Gostaria de saber há quanto tempo você reside (mora) no seu bairro?																							
Q7	Agora vamos falar sobre o seu prédio. Há quanto tempo você reside (mora) no seu prédio?																							
	Vou ler algumas opções para saber qual a sua opinião em relação à Belo Horizonte. Na escala de 0 a 10, 0 significa discordo totalmente, 10 significa concordo totalmente.																							
Q9	Q9.1. Identifico-me com esta cidade. Q9.2. Se alguém elogiar esta cidade, eu sentiria como um elogio pessoal. Q9.3. Se alguém criticar esta cidade, eu sentiria como um insulto pessoal. Q9.4. Esta cidade faz parte da minha história <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr></table> Agora, vou ler algumas opções para saber qual a sua opinião em relação ao seu bairro.												0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	O que você pensou em responder essa pergunta?
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														
Q10	Q10.1. Identifico-me com este bairro. Q10.2. Se alguém elogiar este bairro, eu sentiria como um elogio pessoal. Q10.3. Se alguém criticar este bairro, eu sentiria como um insulto pessoal. Q10.4. Este bairro faz parte da minha história <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr></table> Com qual destas afirmativas você concorda sobre o seu bairro?												0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	O que você pensou em responder essa pergunta?
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														
Q11	1. Você se sente em casa nesse bairro, 2. Este bairro é apenas um lugar para morar ou 3. Se pudesse e mudaria deste bairro? Agora, gostaria de saber qual a sua opinião em relação ao seu prédio.																							
Q13	Q13.1. Identifico-me com este prédio. <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td></tr></table>												0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	O que você pensou em responder essa pergunta?
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														

Tabela 19 - Composição da nova variável Relação com o Lugar - resultados em relação às respostas das variáveis originais

Entrevistado	Nova variável	Variáveis originais											
		Q1	Q2	Q9 .1	Q9 .2	Q9. 3	Q9 .4	Q10 .1	Q10 .2	Q10 .3	Q10 .4	Q11	Q13
1	2,23	40	35	9	8	10	9	7	9	9	8	1	8
2	2,33	40	35	10	10	8	10	8	8	5	10	1	9
3	-2,18	61	28	8	2	2	6	6	2	2	4	2	4
4	3,06	65	28	10	10	10	10	10	9	5	10	1	10
5	-1,60	36	5	2	2	2	10	10	5	5	10	1	2
6	2,05	36	11	10	10	6	10	10	10	8	9	1	10
7	0,92	39	14	10	9	5	10	10	9	5	6	1	7
8	-1,23	58	20	6	3	6	10	3	5	5	7	3	7
9	-0,47	31	7	10	3	3	10	10	3	3	10	1	8
10	-1,06	35	3	8	4	4	10	7	4	4	5	1	9
11	1,00	42	40	8	8	2	6	10	8	3	8	1	9
12	3,61	62	27	10	10	10	10	10	10	10	10	1	10
13	-0,49	32	27	5	5	2	10	8	5	5	10	1	3
14	-1,42	29	26	10	10	0	7	4	7	0	8	3	6
15	-7,26	2	2	6	0	0	0	0	0	0	0	3	0
16	0,35	45	14	10	10	0	10	7	7	0	10	1	10
17	0,82	70	14	6	7	3	10	9	5	5	10	1	10
18	0,25	16	10	7	9	3	5	10	10	6	10	1	9
19	1,39	64	10	10	10	5	10	10	8	5	5	1	10
20	-2,31	35	10	7	8	1	10	7	1	1	4	1	2

Pode-se observar que a primeira componente descreve uma relação positiva dos entrevistados com o lugar em que vivem, enquanto a segunda indica um contraste: aqueles que moram há mais tempo no seu bairro, não apresentam uma boa relação com o mesmo.(Figs. 19 e 20).

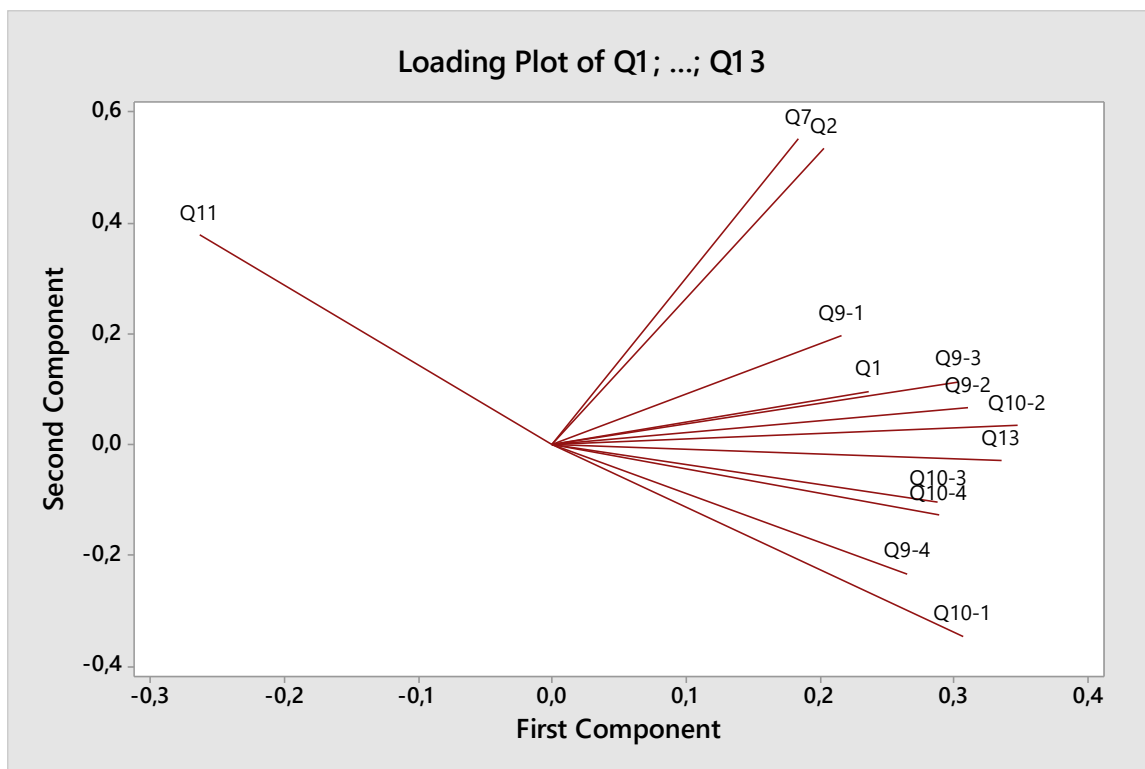


Figura 19 - Gráfico dos pesos das variáveis nas duas primeiras componentes, sendo a primeira a nova variável Relação com o Lugar

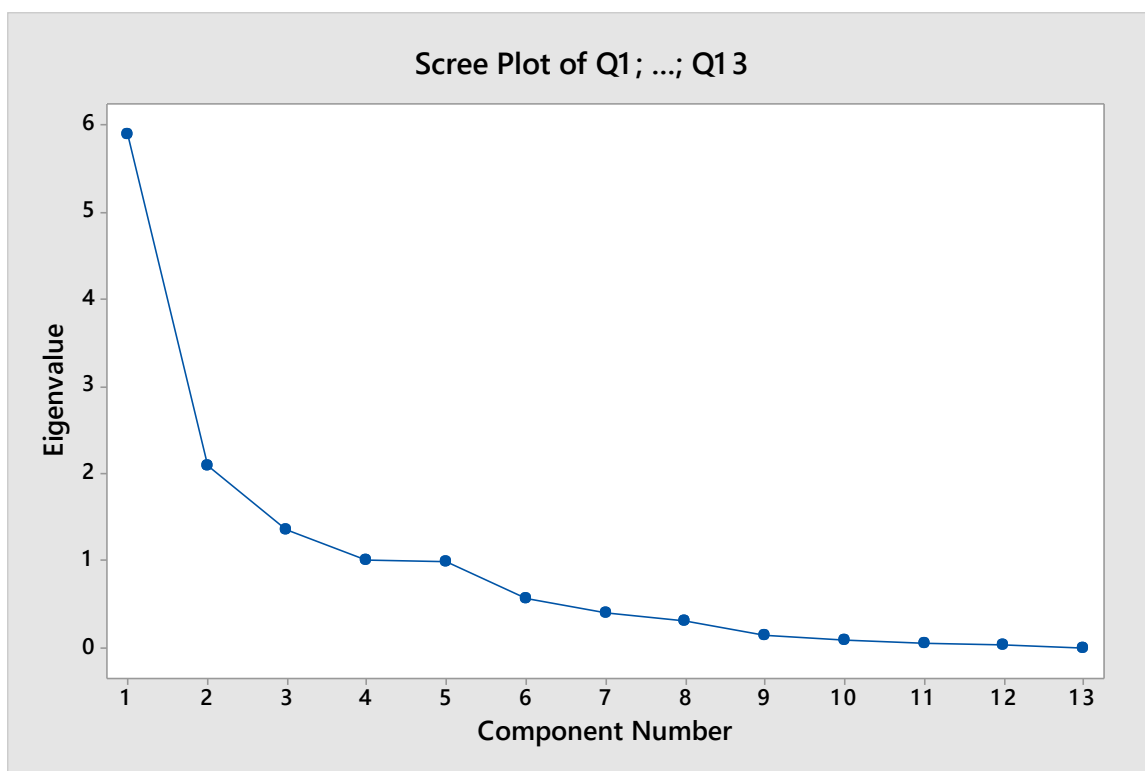


Figura 20 - Gráfico do número da componente principal e seus respectivos autovalores

4.2.1.6. Baixa Qualidade Ambiental

A componente "Baixa Qualidade Ambiental" propõe identificar como os usuários das edificações classificam a qualidade de vida na cidade e no bairro, quais tipos de ruído os incomodam em seu bairro e em que medida o classificam como ruidoso, através das questões 3, 4, 6 e 12, e suas respectivas subquestões, apresentadas na Tab. 20, cujos valores utilizados na componente são apresentados na Tab. 21.

Tabela 20 - Questões originais para a componente Baixa Qualidade Ambiental

Questão original	Enunciado da questão	Perguntas cognitivas																				
Q3	Gostaria de falar sobre a qualidade de vida / vida em Belo Horizonte. De maneira geral, você acha que a qualidade de vida / vida aqui é boa ou ruim? 1. Muito boa 2. Boa 3. Regular (voluntariamente) 4. Ruim 5. Muito ruim	O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?																				
Q4	E no seu bairro? De maneira geral, você acha que a qualidade de vida / vida aqui é boa ou ruim? 1. Muito boa 2. Boa 3. Regular (voluntariamente) 4. Ruim 5. Muito ruim	O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?																				
Q6	Ainda em relação ao seu bairro, vou apresentar alguns tipos de ruído (barulho) que podem lhe incomodar. Gostaria de saber se cada um destes ruídos (barulhos) sempre lhe incomoda, às vezes, raramente ou nunca lhe incomoda? a) Trânsito b) Obras c) Restaurantes / Bares d) Serviços (Padarias / Lava-jatos / etc.) e) Shopping f) Igreja g) Clube h) Escola i) Atividade esportiva j) Outro não listado																					
Q12	De maneira geral, em que medida você considera o seu bairro ruidoso (barulhento)? Na escala de 0 a 10, 0 significa nada ruidoso (barulhento) e 10 significa extremamente ruidoso (barulhento). <table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table> 10											0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	O que você considera como seu bairro? O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9													

Tabela 21 - Composição da nova variável Baixa Qualidade Ambiental - resultados em relação às respostas das variáveis originais

Entre visto do	Nova variável	Variáveis originais													
		Q3	Q3-cog nº	Q4	Q4-cog nº	Q6 A	Q6 B	Q6 C	Q6 D	Q6 E	Q6 F	Q6 G	Q6 H	Q6 I	Q12
1	0,78	4	0	2	0	1	2	2	4	4	4	4	4	4	6
2	-0,30	2	0	2	0	2	2	4	4	4	4	4	4	4	5
3	0,96	2	0	2	1	2	4	4	3	3	3	3	4	4	6
4	1,01	2	0	2	0	1	1	1	3	4	4	4	4	4	7
5	-0,55	3	0	1	0	2	1	4	4	4	4	4	3	3	6
6	0,47	2	0	2	0	2	1	3	3	4	1	4	2	4	8
7	-0,23	2	0	2	0	3	2	2	4	4	2	4	4	4	8
8	7,24	4	1	4	1	1	1	4	1	4	4	4	4	4	10
9	0,39	2	0	2	0	2	3	2	3	4	3	2	4	2	8
10	-0,21	2	0	2	0	2	2	3	3	2	4	4	3	2	3
11	-2,05	1	0	1	0	3	2	4	4	4	4	4	2	3	4
12	-1,10	1	0	1	0	2	2	2	4	4	4	4	4	4	6
13	-0,61	4	0	2	0	4	3	2	4	4	4	4	4	3	4
14	-0,02	1	0	2	0	1	3	4	4	4	4	4	4	4	8
15	-1,09	2	0	2	0	4	1	2	4	4	1	2	2	3	6
16	-0,14	2	0	1	1	2	1	4	4	4	4	4	3	4	5
17	-1,68	1	0	1	0	2	1	4	4	4	4	4	4	4	1
18	0,58	2	0	2	0	2	2	3	3	4	4	4	4	2	8
19	-2,82	1	0	1	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0
20	-0,63	2	0	2	0	2	3	4	4	4	2	4	4	4	4

A primeira componente representa a baixa qualidade de vida em BH e no bairro, associado principalmente às seguintes fontes de ruído: trânsito, obras e serviços. (Figs. 21 e 22). Por este motivo, optou-se por denominar esta componente como "Baixa Qualidade Ambiental", em que seu valor cresce à medida que o ruído citado é presente. A segunda componente representa a baixa qualidade de vida em BH e no bairro, associado principalmente às seguintes fontes de ruído: restaurantes e bares, clubes, igrejas, atividade esportiva e escolas.

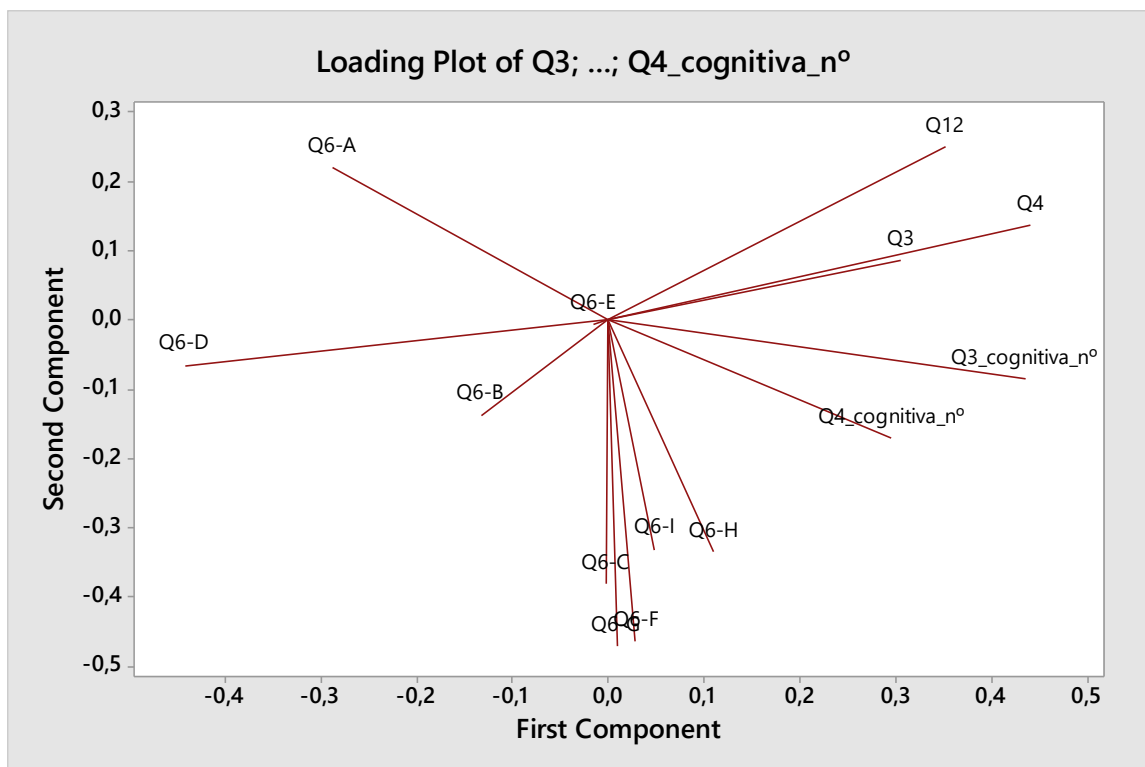


Figura 21 - Gráfico dos pesos das variáveis nas duas primeiras componentes, sendo a primeira a nova variável Baixa Qualidade Ambiental

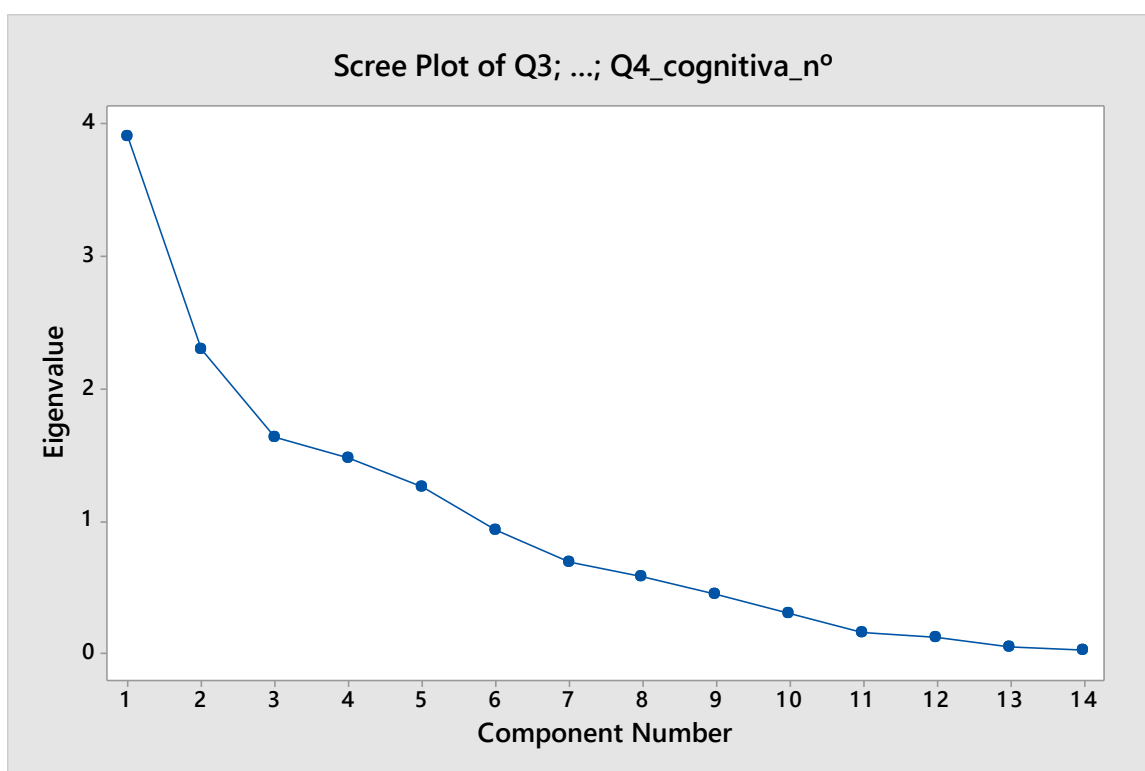


Figura 22 - Gráfico do número da componente principal e seus respectivos autovalores

4.2.1.7. Qualidade do Apartamento

As variáveis originais têm o objetivo de medir como os usuários classificam seus apartamentos de um modo geral, bem como seus pisos e paredes em relação ao isolamento de ruído. Trata-se das questões 19 e 20, e subquestões, apresentadas na Tab. 22, cujos valores são apresentados na Tab. 23, e transformadas na componente principal "Qualidade do Apartamento" que demonstra que, através da interpretação da primeira componente, quanto mais ruído de impacto é percebido pelos usuários, menos qualidade têm seus apartamentos. A segunda componente também representa a presença do ruído de impacto como definidor da qualidade dos apartamentos em relação ao isolamento (Figs. 23 e 24).

Tabela 22 - Questões originais para a componente Qualidade do Apartamento

Questão original	Enunciado da questão	Perguntas cognitivas
Q19	Em que medida você considera a qualidade do seu apartamento em relação ao isolamento de ruído (barulho)? Na escala de 0 a 10, 0 significa péssimo e 10 significa excelente.	O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	
Q20	Em que medida você considera a qualidade de pisos e paredes do seu apartamento em relação ao isolamento de ruído (barulho)?	O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	

Tabela 23 - Composição da nova variável Qualidade do Apartamento - resultados em relação às respostas das variáveis originais

Entrevistado	Nova variável	Variáveis originais		
		Q19	Q19-cog_nº (Ruído Impacto)	Q20
1	1,02	9	0	8
2	-0,33	3	0	7
3	-1,56	2	0	2
4	0,83	8	0	8
5	0,83	8	0	8
6	0,85	7	0	9
7	-0,17	6	0	5
8	0,64	7	0	8
9	0,83	8	0	8
10	-1,16	3	0	3
11	0,79	10	0	6
12	0,81	9	0	7
13	1,23	9	0	9
14	-3,74	0	1	0
15	-3,74	0	1	0
16	0,39	9	0	5
17	1,62	10	0	10
18	-0,56	8	1	8
19	0,83	8	0	8
20	0,60	9	0	6

Notas: O valor da variável Q19-cognitiva representa a presença de Ruído de Impacto nas respostas, sendo Não=0 e Sim=1.

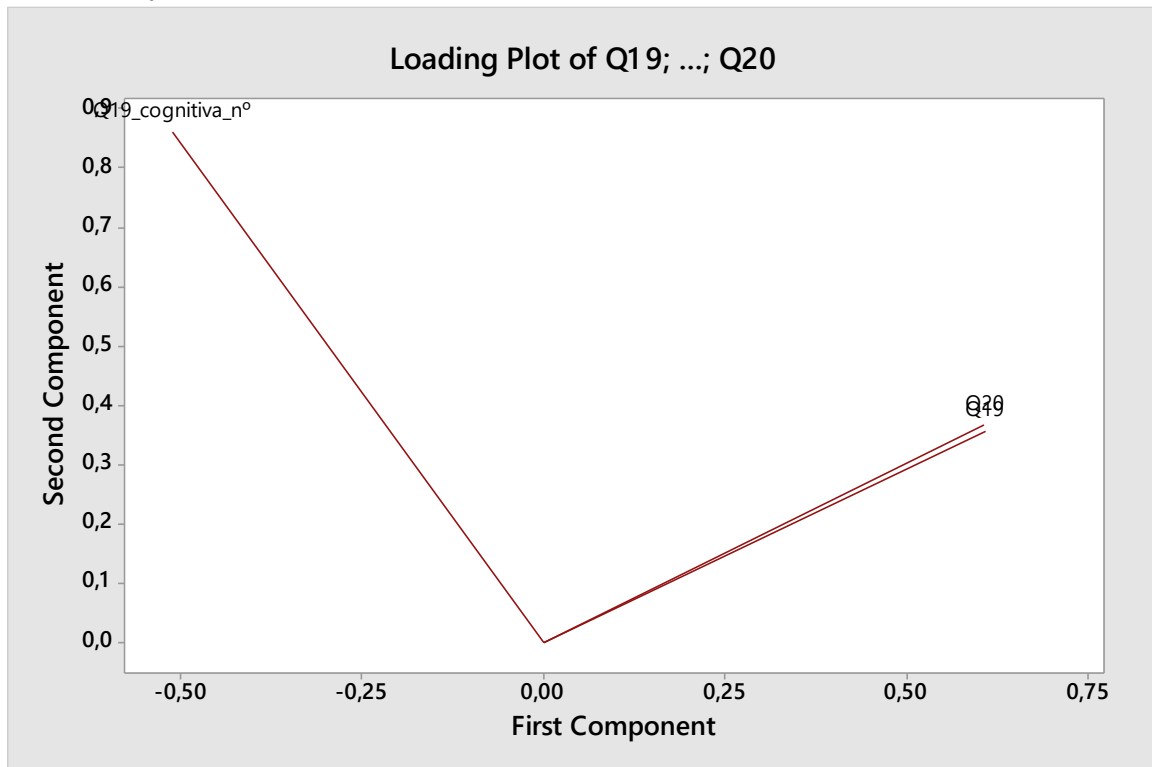


Figura 23 - Gráfico dos pesos das variáveis nas duas primeiras componentes, sendo a primeira a nova variável Qualidade do Apartamento

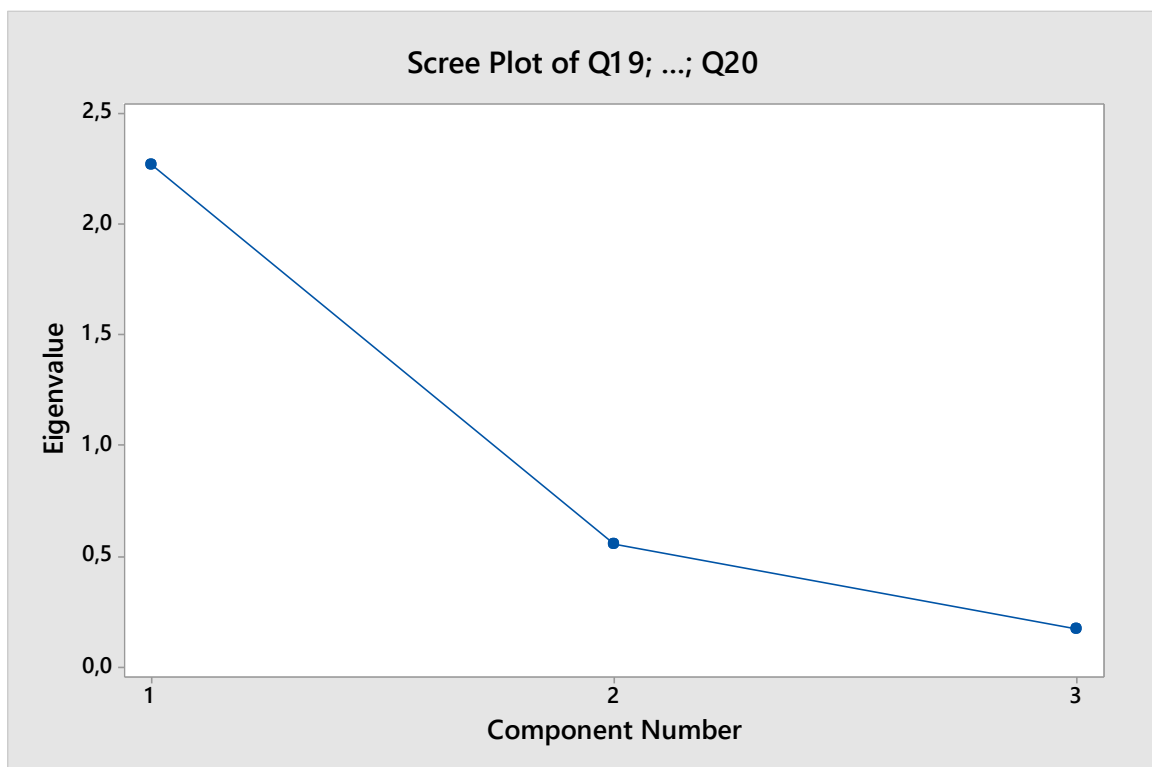


Figura 24 - Gráfico do número da componente principal e seus respectivos autovalores

4.3. Relação entre variáveis

Além das variáveis obtidas a partir da técnica PCA descritas anteriormente, outras foram criadas para colaborar na análise dos dados.

Foram obtidos os preços de venda dos apartamentos ensaiados a partir da entrevista com os moradores e confirmados por uma pesquisa no mercado imobiliário dos valores de venda de apartamentos similares na mesma região. Como resultado, os preços apresentaram grande variabilidade (de R\$150.00,00 a R\$5.000.000,00), que não é acompanhada por outras variáveis. Por este motivo, optou-se pela adoção da escala logarítmica como redutora da variância e criada então a nova variável "Log_Preço de Venda do Apartamento".

Outro ajuste foi proposto após a análise do gráfico apresentado na Fig. 10, item 4.2.1.1, onde foram identificados dois grupos de entrevistados e bem dissociados um do outro (representados pela forma azul e laranja). Devido à esta clara separação, os valores de insatisfação tendem a apresentar uma relação negativa com o $L'_{nT,w}$ e geram uma falsa interpretação de que os "pouco insatisfeitos" moram em apartamentos onde o $L'_{nT,w}$ é maior, o que é incoerente.

Com relação a estes dois grupos de entrevistados apresentados na Fig. 10, foram, então, identificadas as características dos entrevistados do grupo destacado pela forma azul. Dos cinco que compõem este grupo, dois têm mais 80 anos de idade, e os outros três moram em apartamentos com valor de venda acima de R\$ 2.200.000,00. Dessa forma, foi criada uma nova variável "Idade>80 + Preço>2200" que identifica estes entrevistados.

Na Tab. 24, são apresentadas as variáveis adotadas no modelo de regressão.

Tabela 24 - Variáveis adotadas no modelo de regressão linear múltipla

Variável dependente ou resposta Y	Variáveis independentes ou explicativas x_k
Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso nas edificações ensaiadas	Nível de Pressão Sonora Normalizado Ponderado de Impacto $L'_{nT,w}$ medido
	Nível de Ruído Ambiente medido
	Idade do edifício ensaiado
	Tipologia da laje como tipo de sistema construtivo do edifício ensaiado
	Log_Preço de venda do apartamento
	Idade do entrevistado
	Sexo do entrevistado
	Nível de Percepção do Ruído no Presente
	Nível de Percepção do Ruído no Passado
	Relação com o Lugar
	Baixa Qualidade Ambiental
	Qualidade do Apartamento
	Idade>80 + Preço>2200

A fim de descrever a relação entre a variável resposta e cada uma das explicativas, bem como entre algumas explicativas, as mesmas foram representadas em diagramas de dispersão nas Figs. 25 a 26, seus respectivos valores na Tab. 25 e feita uma breve interpretação.

Tabela 25 - Dados das variáveis explicativas e a variável resposta Nível de Insatisfação de Ruído de Impacto de Piso

Entrevistado	$L'_{nT,w}$	Nível de Ruído Ambiente	Idade Edif.	Tipol. Laje	Esp. da Laje	Log Preço	Idade Ent.	Sexo Ent. nº	Percep. Presente	Percep. Passado	Relação Lugar	Baixa Q. Amb.	Qualid. Apto.	Nível de Ins.
1	73	38	43	2,30	8,5	5,70	85	1 (F)	-0,53	0,73	2,23	0,78	1,02	-3,14
2	73	38	43	2,30	8,5	5,70	54	0 (M)	-0,56	1,05	2,33	-0,30	-0,33	0,97
3	59	35	38	1,10	10	6,11	61	1 (F)	2,28	-1,79	-2,18	0,96	-1,56	1,55
4	59	35	38	1,10	10	6,11	65	0 (M)	-0,20	-1,79	3,06	1,01	0,83	0,59
5	65	33	11	0,87	10	5,78	36	1 (F)	-0,91	1,14	-1,60	-0,55	0,83	-0,09
6	63	39	15	-0,69	15	5,65	39	1 (F)	-1,17	-0,71	2,05	0,47	0,85	-0,26
7	63	39	15	-0,69	15	5,65	39	0 (M)	0,38	-0,84	0,92	-0,23	-0,17	0,99
8	68	49	20	0,27	10	6,08	58	1 (F)	1,91	0,82	-1,23	7,24	0,64	1,75
9	64	53	25	-1,70	28	6,34	31	1 (F)	-1,76	-0,37	-0,47	0,39	0,83	-2,49
10	70	28	3	-0,12	8	6,11	35	1 (F)	-0,26	1,20	-1,06	-0,21	-1,16	1,38
11	73	31	42	0,27	10	5,95	81	1 (F)	-0,57	1,20	1,00	-2,05	0,79	-2,80
12	56	34	37	-0,77	20	5,85	63	0 (M)	-1,16	-1,79	3,61	-1,10	0,81	0,21
13	56	34	37	-0,77	20	5,85	32	1 (F)	-0,97	-1,79	-0,49	-0,61	1,23	0,45
14	75	28	43	0,51	5	5,18	52	1 (F)	2,78	1,20	-1,42	-0,02	-3,74	0,64
15	81	32	12	0,42	8,5	5,26	27	1 (F)	4,13	-1,35	-7,26	-1,09	-3,74	1,88
16	71	32	15	-2,44	45	6,70	60	1 (F)	-0,63	2,17	0,35	-0,14	0,39	-1,79
17	71	32	15	-2,44	45	6,70	70	0 (M)	-1,34	2,17	0,82	-1,68	1,62	-2,80
18	61	39	12	-1,27	20	5,85	33	1 (F)	-1,16	1,90	0,25	0,58	-0,56	1,03
19	73	30	35	0,87	10	5,74	67	0 (M)	-0,98	-2,45	1,39	-0,98	0,83	0,25
20	73	30	35	0,87	8,5	5,74	35	1 (F)	0,72	-0,71	-2,31	0,72	0,60	1,68

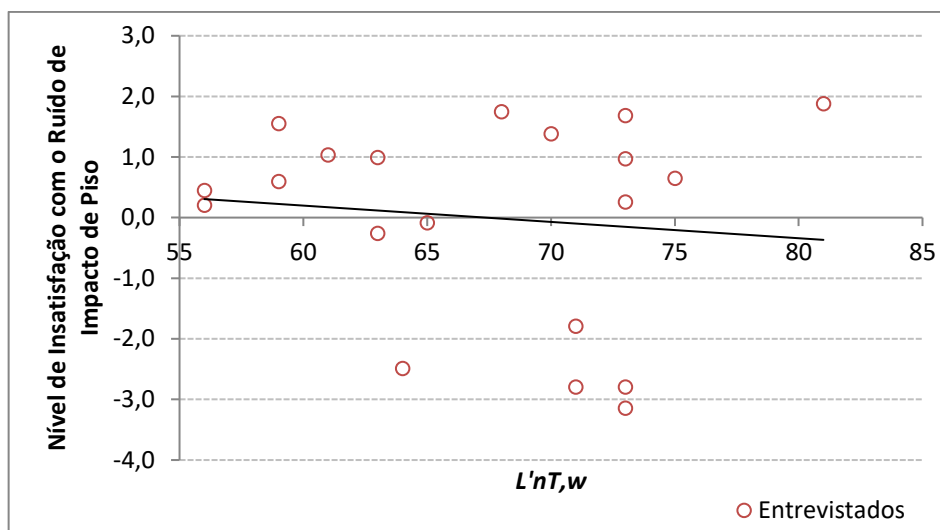


Figura 25 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa $L'_{nT,w}$ e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso

Após a análise, pôde-se verificar uma relação negativa espúria devido ao grupo minoritário identificado na Fig. 10 e explicado no item 4.3.

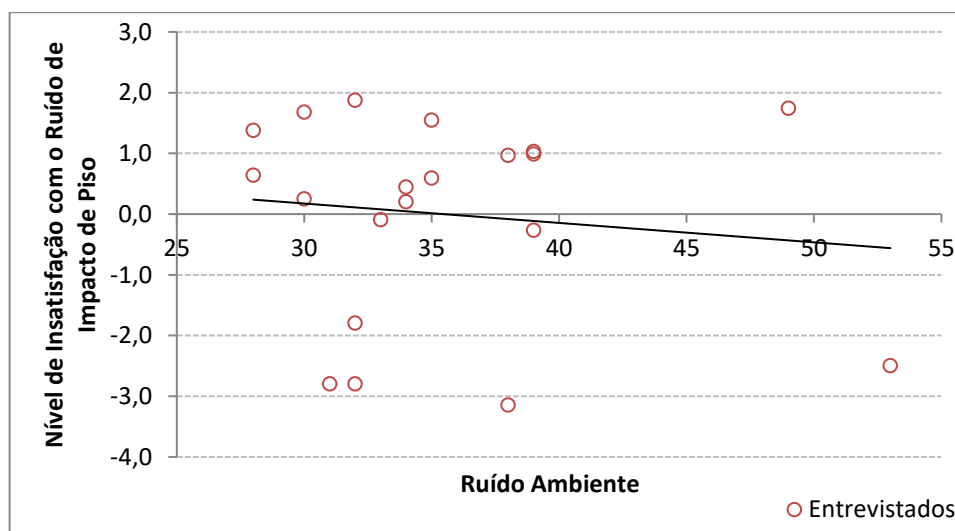


Figura 26 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Ruído Ambiente e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso

A relação entre estas variáveis da Fig. 26 indica que indivíduos que moram em edifícios onde o ruído ambiente é baixo, estão mais insatisfeitos em relação ao nível de ruído de impacto de piso.

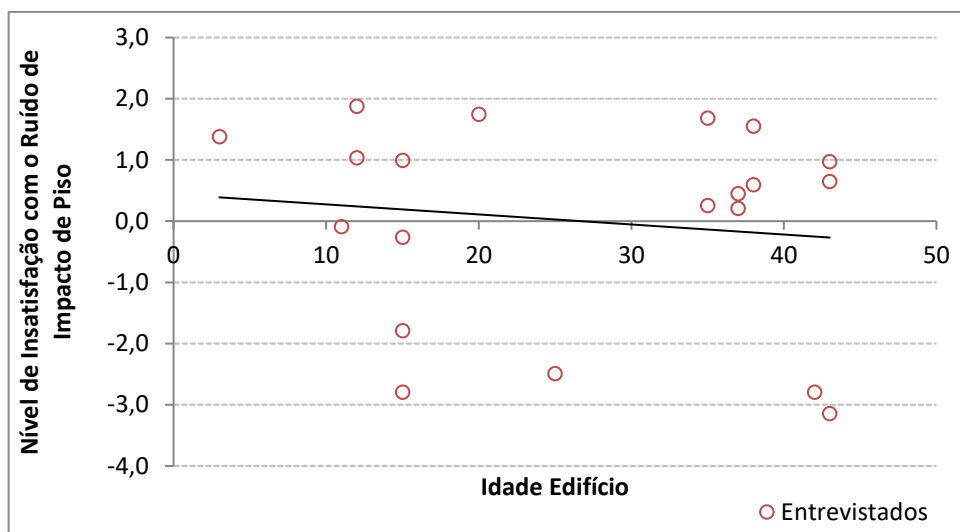


Figura 27 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Idade do Edifício e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso

O cruzamento entre as variáveis Idade do Edifício ensaiado e a Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso (Fig. 27) indica uma relação negativa, ou seja, os moradores de edifícios mais novos estão mais insatisfeitos em relação ao nível de ruído de impacto de piso.

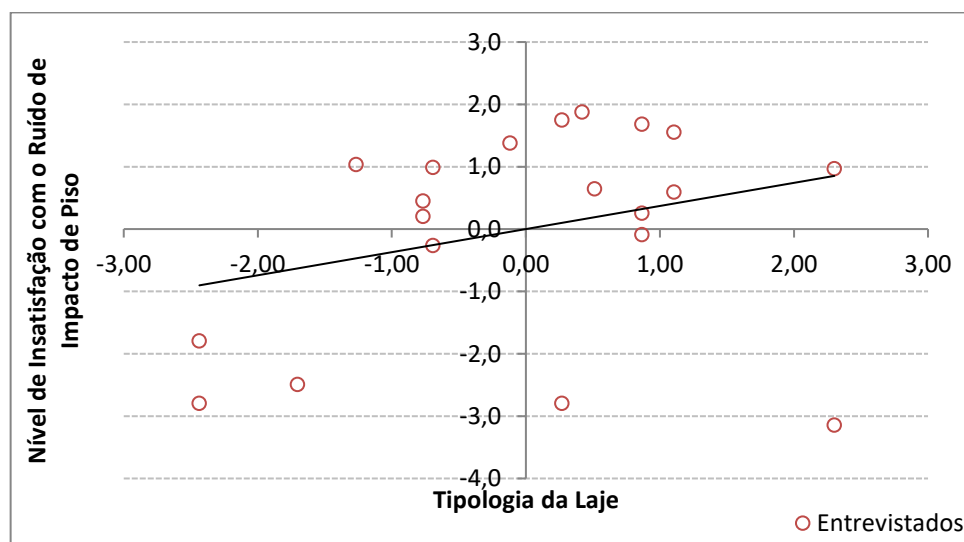


Figura 28 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Tipologia da Laje e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso

Neste gráfico da Fig. 28, observamos que os moradores dos edifícios com a tipologia de laje maciça ou pré-fabricada, e consequentemente tem uma menor espessura, juntamente com sua espessura de contrapiso e piso, são mais insatisfeitos em relação ao nível de ruído de impacto de piso que os moradores de edifícios com laje desconhecida, cuja espessura é maior.

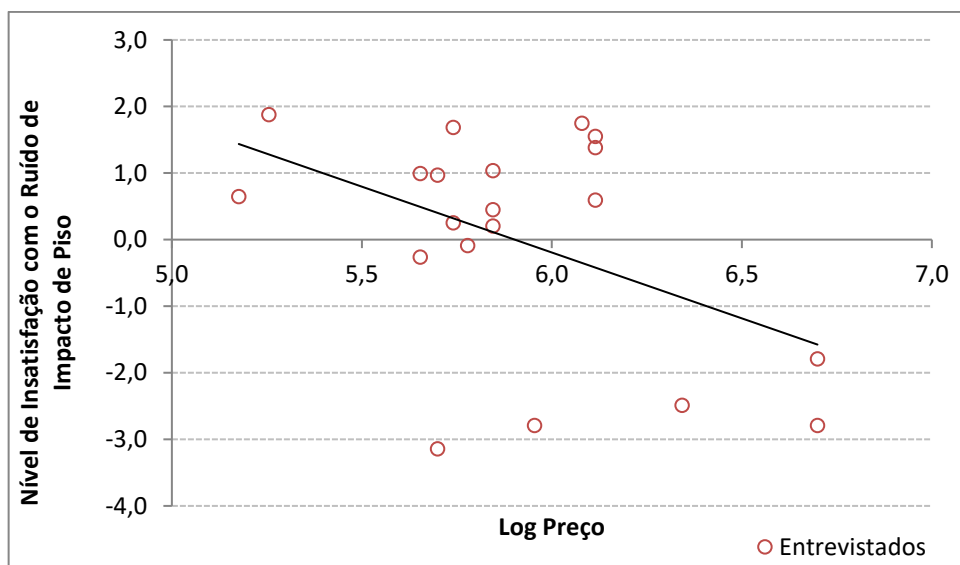


Figura 29 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Log do Preço e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso

Este gráfico (Fig. 29) indica uma tendência de que quanto menor o preço de venda dos apartamentos, mais insatisfeitos estão os moradores em relação ao nível de ruído de impacto de piso. Mas claramente em função da minoria identificada na Fig. 10 e moradora de apartamentos caros.

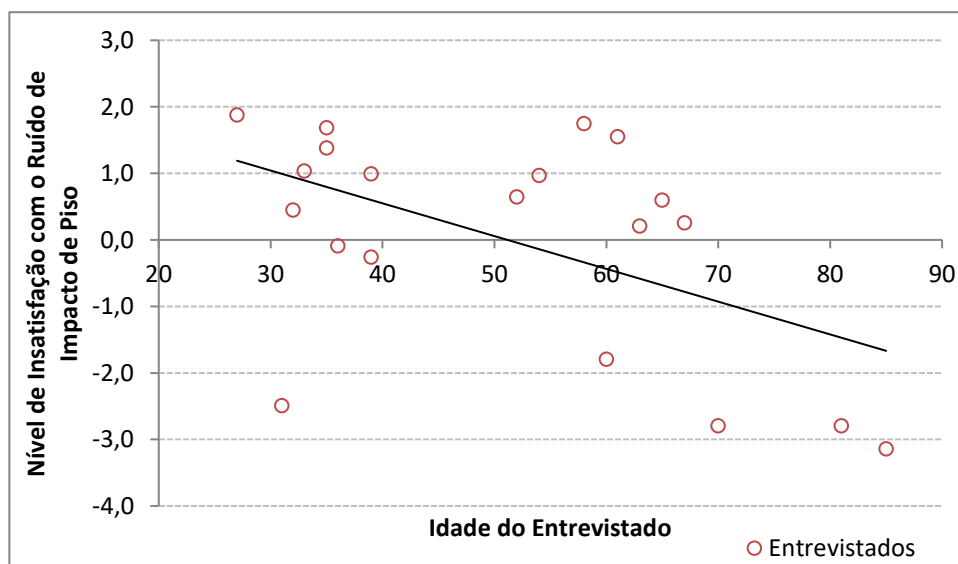


Figura 30 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Idade do Entrevistado e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso

Esta relação entre Idade do Entrevistado e o Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso (Fig. 30) indica que os moradores mais novos são mais insatisfeitos em relação ao nível de ruído de impacto de piso. Isto possivelmente pode ser explicado pela perda da memória auditiva com a idade como conclui Gallun *et al.* (2012) e também pela análise do gráfico a seguir, que associa a Idade do Entrevistado e a relação do mesmo com o lugar em que vive, e indica que os moradores mais idosos têm mais identidade com o lugar (Fig. 31).

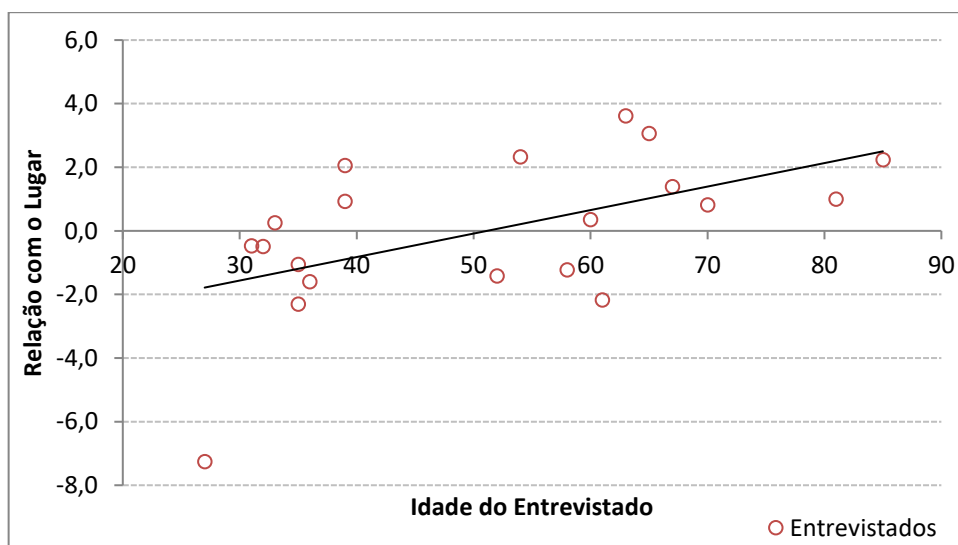


Figura 31 - Diagrama de dispersão entre as variáveis explicativas Idade do Entrevistado e Relação com o Lugar

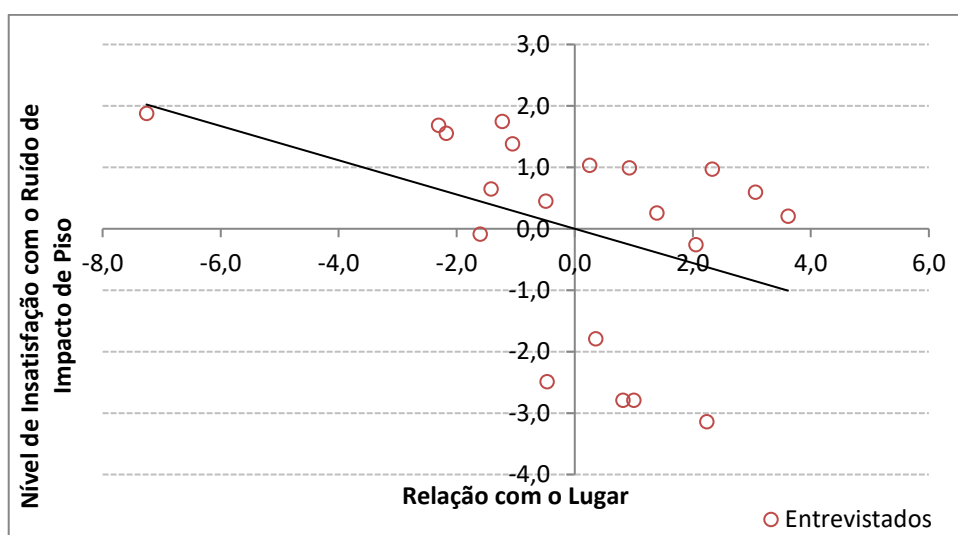


Figura 32 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Relação com o Lugar e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso

Uma outra análise importante trata da relação entre as variáveis Relação com o Lugar e o Nível de Insatisfação de Ruído com o Impacto de Piso que indica que os moradores com mais identidade com o lugar são menos insatisfeitos (Fig. 32).

Este resultado encontra-se na mesma linha do trabalho de Bento (2011), no qual ela conclui que os habitantes que mais se identificam com o lugar seriam menos incomodados em relação a níveis elevados de ruído ambiente, e que, pelo contrário, os indivíduos com menos identidade de lugar seriam mais incomodados, mesmo expostos a níveis de ruído ambiente mais baixos.

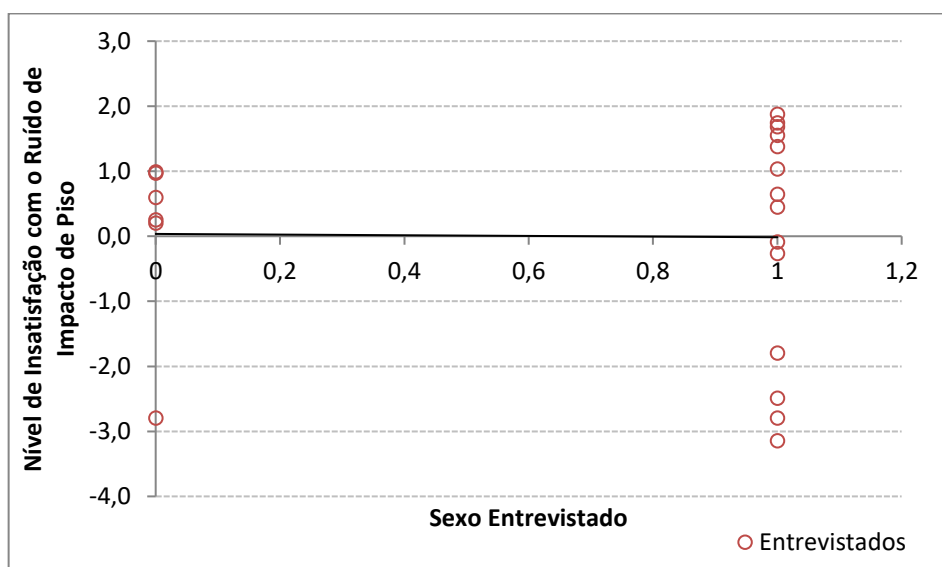


Figura 33 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Sexo do Entrevistado e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso

O gráfico (Fig. 33) indica que, apesar de poucas observações, os homens tendem a ser mais insatisfeitos em relação às mulheres pela proporção maior de insatisfeitos entre eles. Mesmo dentro da maioria insatisfeita, os homens se mostram mais insatisfeitos que as mulheres.

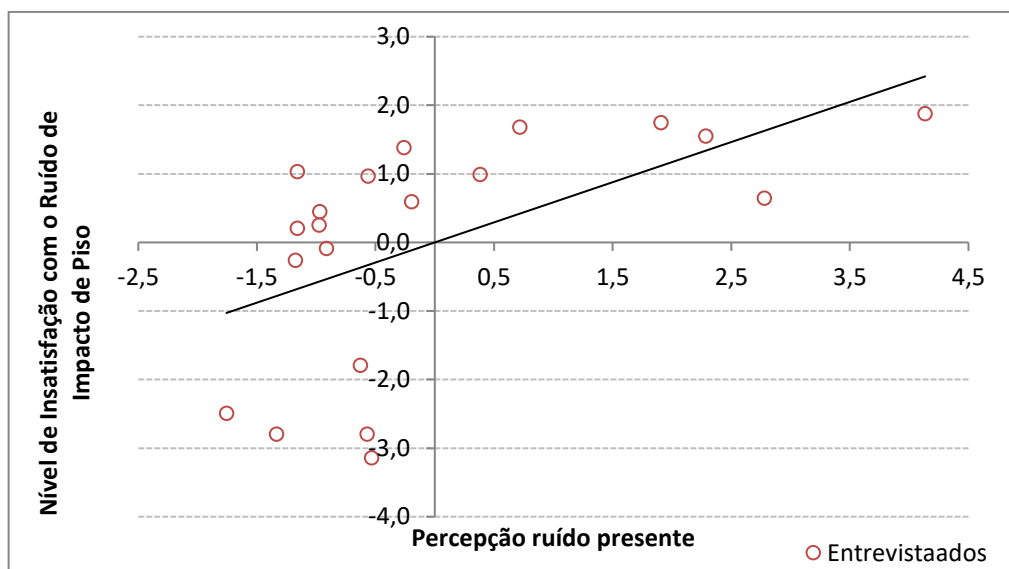


Figura 34 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Percepção do Ruído no Presente e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso

O gráfico entre a nova variável Percepção do Ruído no Presente e o Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso (Fig. 34) indica uma relação positiva, em que os moradores que escutam e são incomodados pelo ruído aéreo e de impacto de piso, seja dos vizinhos ou de outra parte da edificação em que moram atualmente, são mais insatisfeitos em relação ao nível de ruído de impacto de piso.

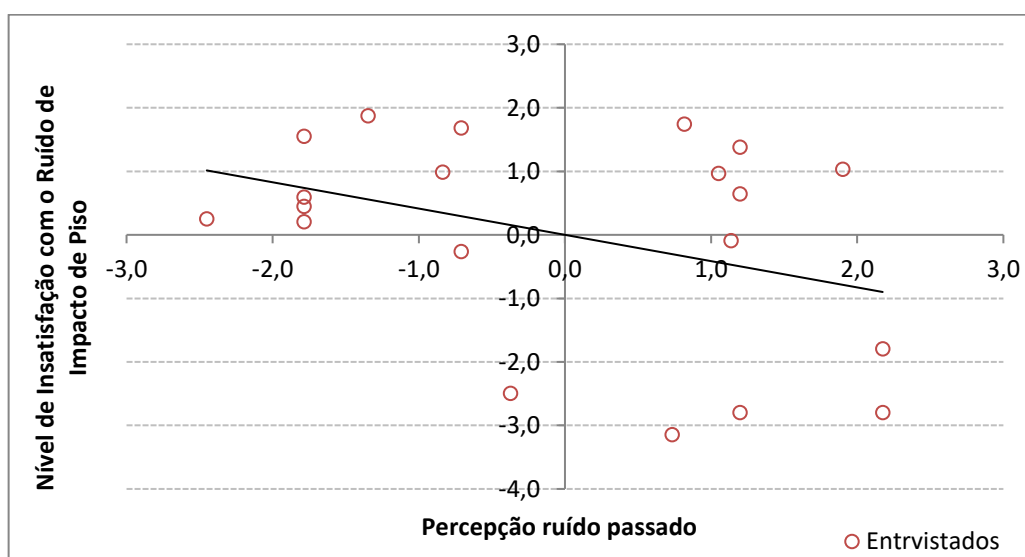


Figura 35 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Percepção do Ruído no Passado e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso

Ao contrário do anterior, este gráfico (Fig. 35) também apresenta uma relação negativa entre a variável Percepção do Ruído no Passado e o Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso, sendo que os moradores que escutavam e eram incomodados pelo ruído aéreo e de impacto de piso, seja dos vizinhos ou de outra parte da edificação em que moravam antes de se mudarem para o apartamento atual, são menos insatisfeitos hoje em relação ao nível de ruído de impacto de piso. Isto se deve, principalmente, à presença do grupo minoritário e considerado "Muito Pouco Insatisfeito" hoje, que, no passado, se sentia mais incomodado.

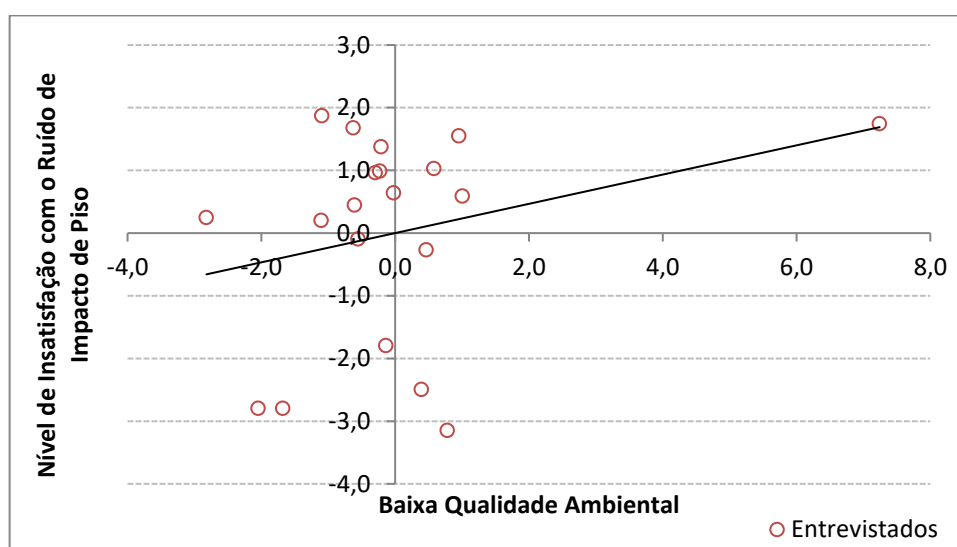


Figura 36 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Baixa Qualidade Ambiental no Presente e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso

Esta relação entre a nova variável Baixa Qualidade Ambiental e o Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso (Fig. 36) indica que os moradores que consideram o local onde vivem, seja ele o prédio, bairro ou a cidade de Belo Horizonte, com uma qualidade de vida ruim, em geral, são mais insatisfeitos em relação ao nível de ruído de impacto de piso.

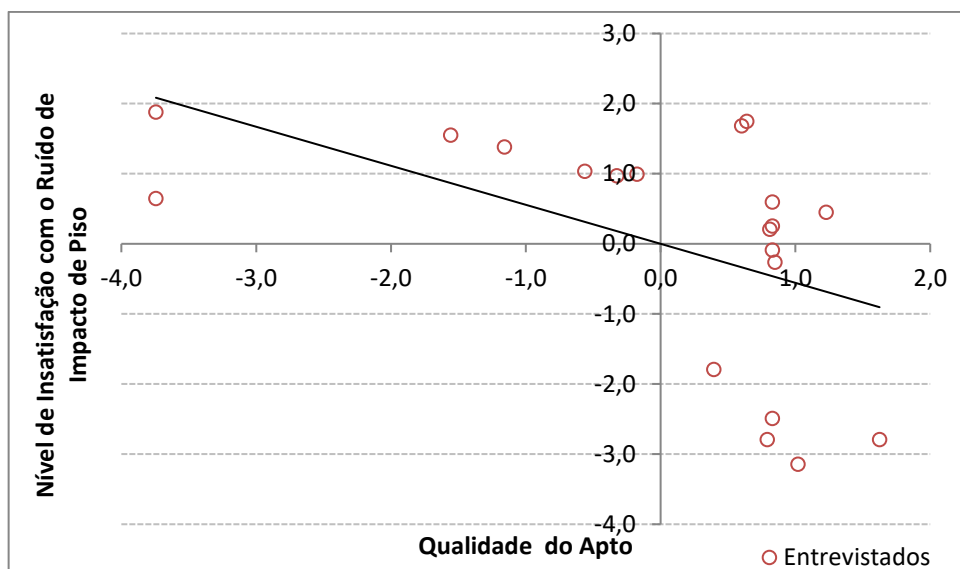


Figura 37 - Diagrama de dispersão entre a variável explicativa Qualidade do Apartamento e a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso

Através desta relação (Fig. 37), é possível verificar que os indivíduos que consideram uma maior qualidade de seus apartamentos em relação ao isolamento de ruído aéreo (concluimos anteriormente que a componente Qualidade do Apartamento indica um entendimento maior dos moradores em relação ao isolamento de ruído aéreo) são menos insatisfeitos em relação ao nível de ruído de impacto de piso.

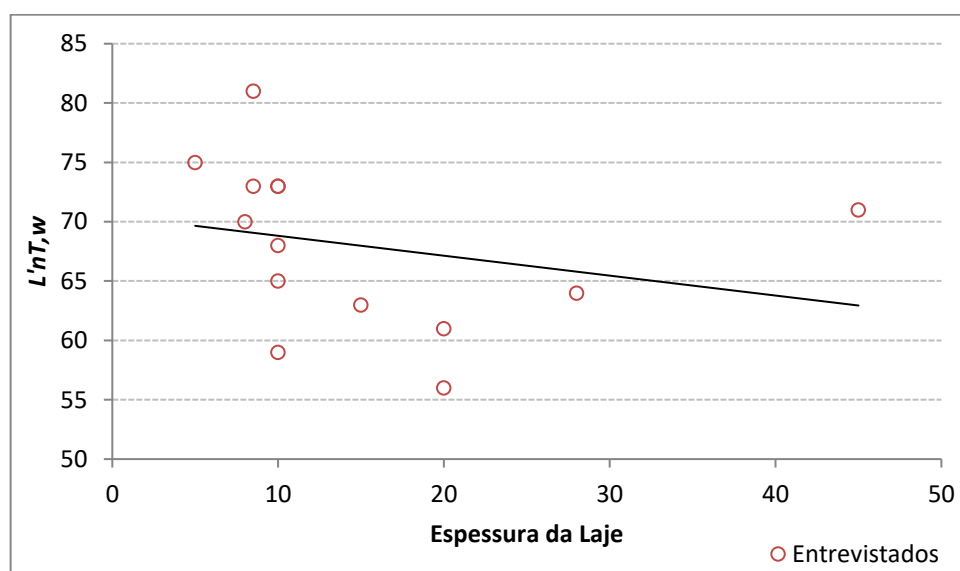


Figura 38 - Diagrama de dispersão entre a variável Espessura da Laje e a variável explicativa $L'_{nT,w}$

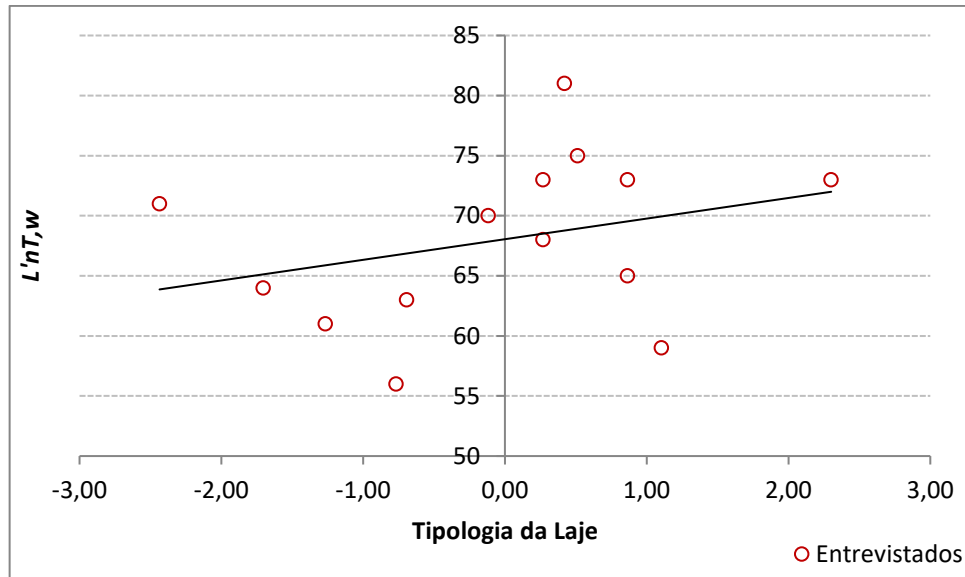


Figura 39 - Diagrama de dispersão entre a variável Tipologia da Laje e a variável explicativa $L'_{nT,w}$

O gráfico da Fig. 38 apresenta uma relação já esperada, em que quanto maior a espessura da laje ensaiada, menor o $L'_{nT,w}$, o que é comprovado pelo gráfico da Fig. 39, uma vez que as lajes maciças têm espessura menor, enquanto outras tipologias apresentam uma maior espessura incluindo o contrapiso e acabamento.

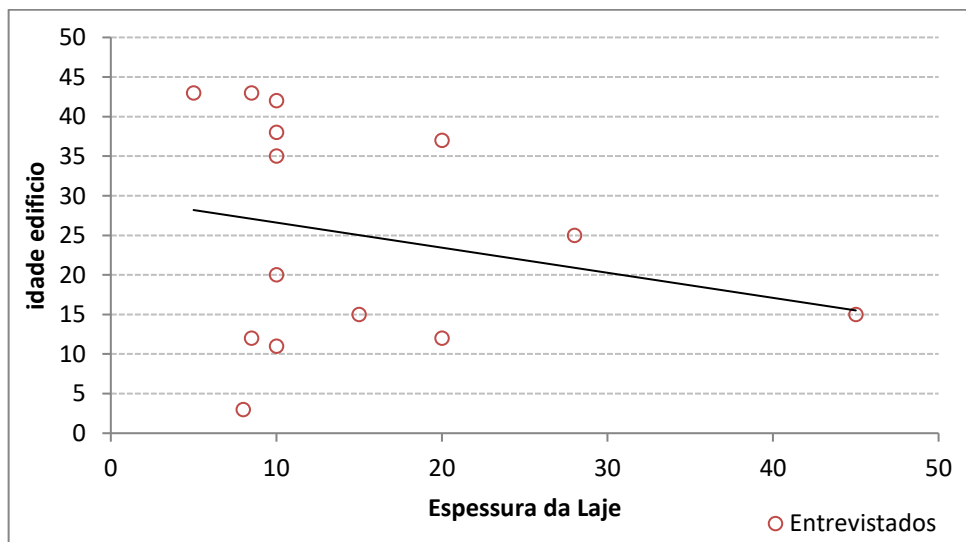


Figura 40 - Diagrama de dispersão entre a variável Espessura da Laje e a variável explicativa Idade do Edifício

Neste caso (Fig. 40), podemos também observar que para o sistema construtivo dos edifícios mais antigos, em sua maioria, era adotada uma laje maciça de 10cm, e que, nos edifícios mais novos, houve uma mudança na adoção de outras tipologias de laje e consequente aumento de sua espessura.

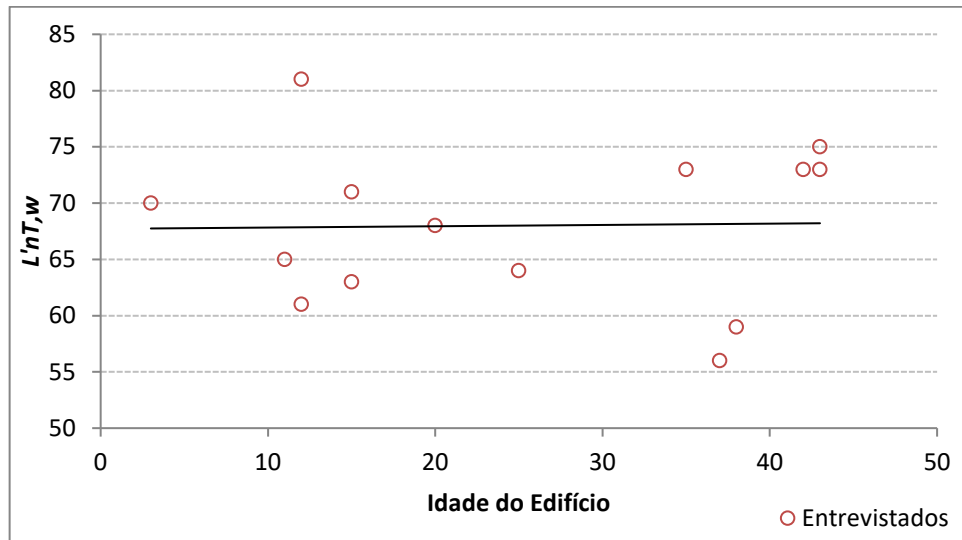


Figura 41 - Diagrama de dispersão entre as variáveis explicativas Idade do Edifício e o $L'_{nT,w}$

No gráfico acima (Fig. 41), observamos que não existe uma relação muito clara entre a Idade do Edifício e o valor ensaiado do $L'_{nT,w}$, sendo praticamente uma constância.

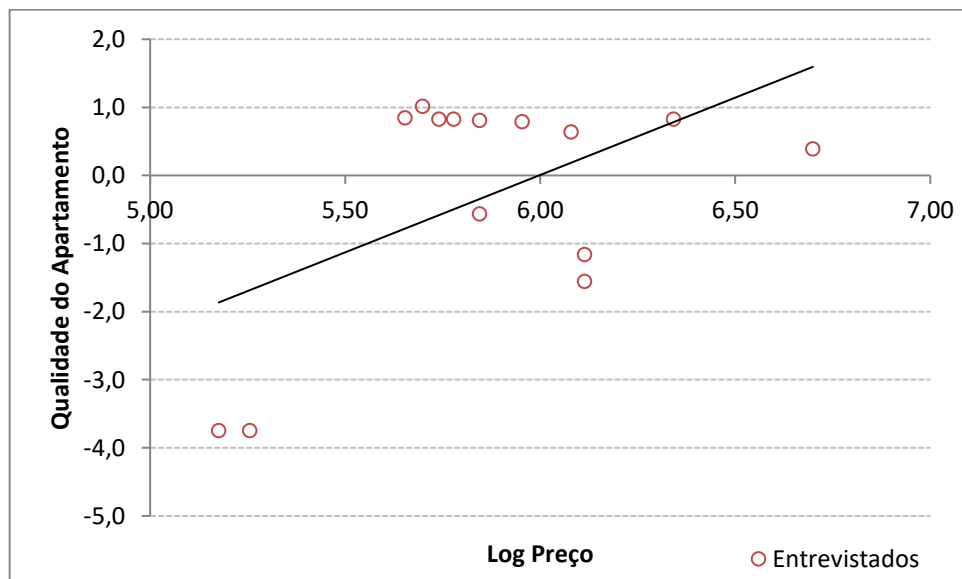


Figura 42 - Diagrama de dispersão entre as variáveis explicativas Log do Preço e a Qualidade do Apartamento

Nesta relação positiva acima (Fig. 42), podemos verificar que apartamentos com o preço de venda maior, são considerados com maior qualidade pelos entrevistados. Mas esta relação é devida a dois apartamentos com os mesmos preços e de pior qualidade.

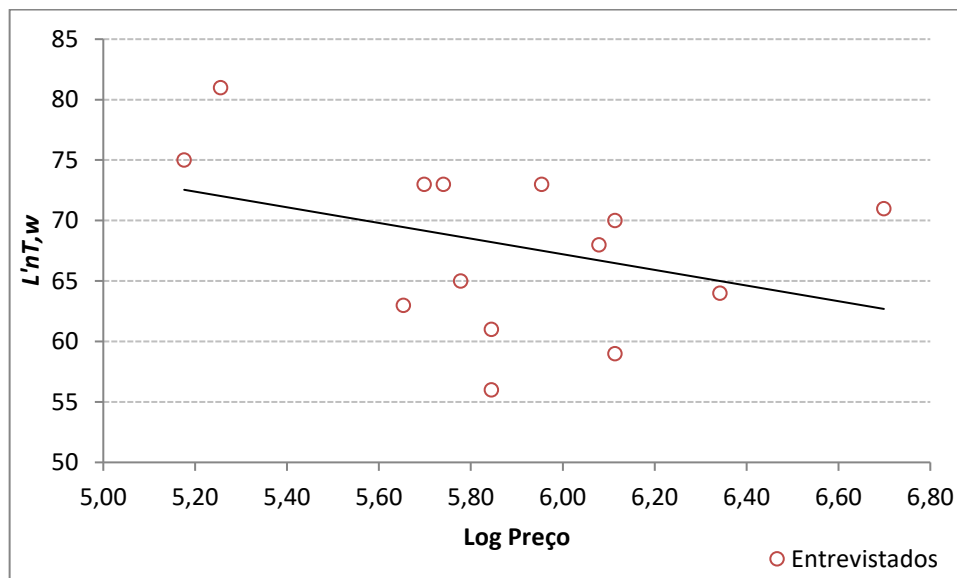


Figura 43 - Diagrama de dispersão entre as variáveis Log do Preço e o $L'_{nT,w}$

Já o gráfico entre as variáveis explicativas Log do Preço e o $L'_{nT,w}$ (Fig. 43) indica que os apartamentos cujo preço de venda é maior obtiveram um valor de $L'_{nT,w}$ menor.

4.4. Seleção das variáveis e a construção do modelo de regressão

Conforme descreve Montgomery e Runger (2011) um problema importante em muitas aplicações da técnica de análise de regressão é selecionar as variáveis explicativas ou regressoras para um modelo, ou seja, aquelas que são necessárias para modelar adequadamente a resposta Y .

Geralmente, necessita-se de um bom julgamento e experiência com o sistema que está sendo modelado para selecionar um conjunto apropriado de variáveis regressoras para uma equação de regressão. Primeiramente, é necessário selecionar um conjunto que inclua provavelmente todas as variáveis importantes. Estas foram apresentadas na Fig. 23.

Duas das técnicas utilizadas para a escolha das variáveis foram adotadas neste trabalho, sendo a primeira a de *Todas as Regressões Possíveis* e, em seguida, feita a *Regressão por etapas*.

4.4.1. Todas as Regressões Possíveis

Através desta técnica, é possível avaliar as equações de regressão usando desde uma, duas, até todas as possíveis variáveis envolvidas. Em seguida, são adotados alguns critérios para a comparação e escolha do "melhor" modelo.

O critério adotado, dentre outros, para a verificação do modelo foi a *Estatística C_p* de Mallows, que é uma medida do erro quadrático total para o modelo de regressão (MONTGOMERY e RUNGER, 2011). Este é definido como na Eq. (4.2):

$$C_p = \frac{SQ_E(p)}{\hat{\sigma}^2} - n + 2p \quad (4.2)$$

onde SQ_E na Eq. (4.3) representa a soma dos quadrados dos erros ou soma dos quadrados dos resíduos e_i (na regressão com p parâmetros), e este podendo ser definido como a diferença entre o valor observado da resposta y_i e o correspondente valor previsto obtido pelo modelo de regressão $\hat{y}_i$ na Eq. (4.4):

$$SQ_E = \sum_{i=1}^n e_i^2 \quad (4.3)$$

$$e_i = y_i - \hat{y}_i \quad (4.4)$$

O $\hat{\sigma}^2$ é o melhor estimador da variância do erro, calculado na Eq. 4.5 como:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{SQ_E}{n - p} \quad (4.5)$$

onde p é a quantidade máxima de parâmetros no modelo e n o tamanho da amostra (MONTGOMERY e RUNGER, 2011).

É possível então avaliar os valores de C_p em relação a p , onde as equações de regressão que tenham os valores de C_p mais próximos de p são menos tendenciosos, ou seja, a "melhor equação" é aquela cujo valor de C_p seja mínimo ou próximo a p ($C_p \cong p$).

A Tab. 26 lista uma saída do software Minitab com todas as regressões possíveis, onde foram apresentadas as duas melhores equações para cada tamanho de subconjunto de variáveis. Os modelos analisados foram demarcados em amarelo, onde temos $C_p \cong p$. Neste caso, trata-se do

C_p calculado, indicado na coluna cinza ao lado da saída do programa, que é obtido utilizando o menor valor do *Desvio Padrão S* da amostra, este definido a seguir, no caso 0,37494 (assinalado errado na tabela) ao invés do valor de S referente ao maior número de variáveis (13) que o programa adota para o cálculo, que seria 0,52343.

Tabela 26 - Saída do Minitab para Todas as Regressões Possíveis para o Nível de Insatisfação do Ruído de Impacto de Piso (Q25+Q17+Q15)

Best Subsets Regression: Q25+Q17+Q15 versus LnTw; Idade edifício;

...

Response is Q25+Q17+Q15

						P e r c e n t u a l R e s p o n s a r e s										Cp calculado		
Vars	R-Sq	R-Sq (adj)	R-Sq (pred)	Mallows	Cp	S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	85,6	84,8	82,7	11,7	0,64892													
1	30,8	27,0	18,5	117,3	1,4245													
2	91,2	90,2	87,8	2,9	0,52225													
2	91,1	90,0	88,6	3,2	0,52666													
3	94,5	93,5	91,8	-1,5	0,42475													
3	92,9	91,5	90,3	1,8	0,48536													
4	95,6	94,5	93,4	-1,6	0,39232													
4	95,1	93,8	92,0	-0,5	0,41551													
5	96,2	94,8	93,5	-0,6	0,38037													
5	95,7	94,2	92,2	0,2	0,40063													
6	96,5	94,9	93,1	0,7	0,37494													
6	96,3	94,7	93,3	1,0	0,38510													
7	96,7	94,8	91,9	2,3	0,37978													
7	96,7	94,8	93,0	2,4	0,38130													
8	96,8	94,5	90,7	4,2	0,39202													
8	96,8	94,4	91,6	4,2	0,39326													
9	96,8	94,0	88,8	6,1	0,40886													
9	96,8	94,0	87,6	6,1	0,40937													
10	96,9	93,4	85,9	8,1	0,42969													
10	96,8	93,3	84,2	8,1	0,43028													
11	96,9	92,6	81,7	10,0	0,45388													
11	96,9	92,5	77,0	10,1	0,45565													
12	96,9	91,5	72,5	12,0	0,48472													
12	96,9	91,5	76,8	12,0	0,48509													
13	96,9	90,1	61,5	14,0	0,52343													

Dois valores são importantes para a verificação do modelo de regressão, sendo o *Valor-P* e a *Multicolinearidade (valor VIF)*.

4.4.1.1. Valor-P

O *valor-P* é bastante adotado na prática e representa o menor Nível de Significância que leva à rejeição da *Hipótese Nula* ($H_0 : \beta_i = 0$), através dos dados fornecidos. Isto quer dizer que, um *valor-P* pequeno fornece evidências contra a H_0 , e portanto, tem maior significância dentro do modelo de regressão.

Conforme definido por Montgomery e Runger (2011), uma *Hipótese Estatística* é uma afirmação sobre os parâmetros de uma ou mais populações e o procedimento para a tomada de decisão sobre a hipótese é chamado *Teste de Hipóteses*. Para se realizar um Teste de Hipótese, é necessário estabelecermos a *Hipótese Nula* (H_0) que é um suposto valor para um ou mais parâmetros e a *Hipótese Alternativa* (H_1) que contraria a H_0 .

Morettin e Bussab (2004) apresentam uma tabela (Tab. 27) extraída de Efron e Gous (1997)¹ que ilustra a escala de evidências sugerida por Fisher (1954)² contra H_0 (ou a favor de H_1).

Tabela 27 - Escala de Significância de Fisher

Valor-P	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,001
Natureza de evidência	marginal	moderada	substancial	forte	muito forte	fortíssima

4.4.1.2. Multicolinearidade

Em problemas de regressão, além das dependências que buscamos encontrar entre a variável de resposta Y e as regressores x_i , $i = 1, \dots, k$, é possível também encontrarmos dependências entre as variáveis regressoras x_i , $i = 1, \dots, k$. Quando verificamos fortes correlações entre as variáveis regressoras, dizemos que existe *Multicolinearidade* e que podem ter sérias influências na estimativa dos coeficientes de regressão e no uso do modelo (MONTGOMERY e RUNGER, 2011).

¹ EFRON, B. e GOUS, A. Bayesian and frequentist model selection. TR n. 193, Division of Biostatistics, Stanford University, 1997.

² ISHER, R. A. *Statistical methods for research workers*. 12st edition. New York: Hafner, 1954.

Sendo assim, quanto mais forte a correlação múltipla entre o regressor x_j e os demais, mais forte será a *Multicolinearidade*, que pode ser verificado através do *Fator de Inflação de Variância* (VIF), calculado pela Eq. (4.6).

$$VIF(\beta_j) = \frac{1}{(1 - R_j^2)} \quad j = 1, 2, 3, \dots, k \quad (4.6)$$

onde β_j é o coeficiente de regressão, R_j^2 é o coeficiente de determinação múltiplo obtido na regressão da variável aleatória X_j em relação às demais variáveis explicativas, dado pela Eq. (4.7).

$$R^2 = \frac{SQ_R}{SQ_T} = 1 - \frac{SQ_E}{SQ_T} \quad (4.7)$$

sendo SQ_E a soma dos quadrados dos erros e já apresentado na Eq. (4.3), SQ_R a soma dos quadrados da regressão calculado pela Eq. (4.8) e SQ_T a soma total corrigida dos quadrados de y pela Eq. (4.9).

$$SQ_R = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 \quad (4.8)$$

$$SQ_T = SQ_R - SQ_E \quad (4.9)$$

onde $\bar{y}$ é o valor médio e $\hat{y}_i$ é o valor obtido pelo modelo de regressão.

Isso implica que, se a variável x_j é linearmente dependente das demais, então $R_j^2 \approx 1$ e *VIF* é grande. Na prática, se $VIF > 10$, então β_j está "pobremente" estimado devido a *Multicolinearidade*.

O *Coefficiente de Determinação* (R^2) é uma medida largamente usada em um modelo de regressão como forma de avaliar a adequação do mesmo. Representa a quantidade de variabilidade nos dados explicada pelo modelo. À medida em que são incluídas variáveis, mesmo que pouco descrevam a variável dependente, o valor de R^2 aumenta.

Muitos analistas também utilizam o valor de R^2 Ajustado, dado pela Eq. (4.10), e que penaliza a inclusão de regressores pouco explicativos (MONTGOMERY e RUNGER, 2011).

$$R_{Ajustado}^2 = 1 - \frac{SQ_E/(n-p)}{SQ_T/(n-1)} \quad (4.10)$$

Outro valor importante que mede a dispersão dos dados em relação à reta de regressão é o *Desvio Padrão* (S) da amostra, obtido pela Eq. (4.11).

$$S = \sqrt{SQ_E/(n-p)} \quad (4.11)$$

$$S = \sqrt{SQ_E/(n-p)}$$

4.4.2. Regressão por Etapas

Consiste em um método simples onde deve-se selecionar as variáveis a serem incluídas no modelo de regressão uma a uma e então tentando removê-las progressivamente (MONTGOMERY e RUNGER, 2011).

A partir da verificação de *Todas as Regressões Possíveis* e os modelos destacados, foi feita a *Regressão por Etapas*, eliminando e adicionando variáveis. Na Tab. 28, foram apresentados alguns modelos avaliados com as variáveis adotadas em cada um, seus valores *valor-P*, *VIF*, R^2 *Ajustado*, S e os coeficientes, bem como a constante da equação.

Tabela 28 - Modelos como resposta o Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso (Q25+Q17+Q15)

Variáveis do modelo	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6	Modelo 7	Modelo 8	Modelo 9	Modelo 10	Modelo 11	Valores
$L'_{nT,w}$	0,0236 0,184 1,82	0,0303 0,108 2,04	0,0356 0,084 2,33	0,0343 0,090 2,21	0,0316 0,130 2,24	0,0380 0,085 2,44	0,0358 0,098 2,33	0,0348 0,090 2,27	0,0368 0,090 2,35	0,0581 0,013 1,42	0,0671 0,008 1,61	Coefficiente Valor-P VIF
Nível Ruído Ambiente			0,0127 0,429 1,31		0,0100 0,567 1,44	0,0102 0,559 1,44	0,0091 0,737 3,46					Coefficiente Valor-P VIF
Idade Edifício		0,01085 0,257 2,06	0,01082 0,265 2,06	0,01184 0,231 2,11		0,01065 0,289 2,07	0,01122 0,282 2,18	0,01061 0,276 2,07	0,01144 0,264 2,12		0,0154 0,240 2,08	Coefficiente Valor-P VIF
Log Preço Apto	1,196 0,002 2,01	1,412 0,002 2,68	1,425 0,002 2,68	1,364 0,003 2,76	1,264 0,003 2,19	1,472 0,003 2,84	1,403 0,005 2,99	1,479 0,002 2,83	1,426 0,005 3,01	0,897 0,062 2,07	1,196 0,032 2,71	Coefficiente Valor-P VIF
Idade Entrevistado	-0,01114 0,068 1,30	-0,01662 0,038 2,20	-0,01528 0,064 2,31	-0,01735 0,037 2,24	-0,0148 0,202 4,53	-0,0198 0,120 5,32	-0,01595 0,094 2,86	-0,0224 0,057 4,63	-0,0216 0,077 4,70	-0,01092 0,179 1,30	-0,01878 0,081 2,23	Coefficiente Valor-P VIF
Percepção Ruído Presente	0,3042 0,001 1,69	0,2995 0,001 1,70	0,2923 0,002 1,72	0,2725 0,005 2,12	0,360 0,022 5,71	0,351 0,026 5,73	0,2838 0,009 2,44	0,377 0,011 5,17	0,338 0,044 6,76			Coefficiente Valor-P VIF
Relação com o Lugar					0,055 0,595 7,28	0,051 0,618 7,29		0,0693 0,470 6,63	0,053 0,607 7,28			Coefficiente Valor-P VIF
Baixa Qualidade Ambiental				0,0393 0,465 1,38			0,0153 0,865 3,67		0,0304 0,600 1,52	0,1098 0,105 2,07	0,1176 0,038 1,11	Coefficiente Valor-P VIF
Idade>80 + Preço>2200	-3,265 0,000 2,62	-3,622 0,000 2,68	-3,715 0,000 3,02	-3,608 0,000 2,69	-3,572 0,000 3,65	-3,633 0,000 3,64	-3,683 0,000 3,82	-3,537 0,000 3,01	-3,546 0,000 3,02	-3,873 0,000 2,42	-3,930 0,000 2,46	Coefficiente Valor-P VIF
	-7,19	-8,91	-9,86	-8,88	-8,29	-9,97	-9,58	-9,33	-9,21	-7,68	-10,04	Constante
	0,380370	0,374940	0,379780	0,381299	0,395938	0,392015	0,396121	0,381486	0,393260	0,521290	0,511988	S
	94,79%	94,94%	94,81%	94,77%	94,36%	94,47%	94,35%	94,76%	94,43%	90,22%	90,56%	R ² Ajustado

Notas: As variáveis destacadas em amarelo têm seus valores- $p \leq 0,1$, o que significa que são mais significativas dentro do modelo. A variável Log Preço Apto, destacada em azul, é significativa nos modelos apresentados e tem o sinal inverso, o que indica que a insatisfação aumenta com o preço. Isto ocorre provavelmente não pela qualidade do apartamento, mas pelo criticismo dos moradores. Os modelos citados na tabela referem-se aos modelos de Regressão Linear Múltipla.

Pode-se observar que, com a adição da variável Idade do Edifício no modelo 2 em relação ao modelo 1, houve uma diminuição nos *Valores-P* das demais variáveis, apesar de um pequeno aumento nos valores *VIF* das mesmas. Além disso, a adição da variável provocou um aumento de R^2 Ajustado e consequente diminuição de S , indicando ser um modelo que melhor descreve a variável resposta em relação ao primeiro.

Em seguida, com a adição da variável Nível de Ruído Ambiente no modelo 3, é possível verificar que houve uma redução nos *Valores-P* na maioria das variáveis, exceto Idade do Entrevistado e Percepção do Ruído no Presente, o que representa que estas variáveis ficaram mais significativas. Algumas tiveram um aumento nos valores *VIF* e outras uma diminuição, bem como no valor R^2 Ajustado e aumento de S .

Em relação ao modelo anterior, as variáveis do modelo 4 ficaram mais significativas, exceto Percepção do Ruído no Presente, que teve uma pequena alteração no *Valor-P*. Da mesma forma, algumas tiveram um aumento nos valores *VIF* e outras uma diminuição, bem como no valor R^2 Ajustado e aumento de S .

Com as alterações nos modelos 5, 6, 7 e 8, este último apresentou as variáveis mais significativas que os demais, com uma diminuição dos *Valores-P* das mesmas, apesar de também apresentar aumento e diminuição nos valores *VIF*. No entanto, estas mudanças provocaram aumentos e reduções de S e R^2 Ajustado. As variáveis se tornando mais significativas indicam ser o modelo 8 o que melhor descreve a variável resposta em relação aos modelos 5, 6 e 7.

Com a adição da variável Baixa Qualidade Ambiental em relação ao modelo anterior, a variável Idade do Edifício se tornou mais significativa no modelo 9, enquanto a variável $L'_{nT,w}$ manteve o mesmo *Valor-P* e as outras tiveram um aumento neste valor, e portanto, ficaram menos significativas. Todas tiveram um aumento nos valores *VIF*. No entanto, houve uma diminuição no valor R^2 Ajustado e aumento de S .

No modelo 10, a variável $L'_{nT,w}$ ficou mais significativa, sendo esta muito importante para o cálculo do índice considerado satisfatório para os usuários das edificações ensaiadas. A variável Baixa Qualidade Ambiental também ficou mais significativa, ao contrário das demais, apesar da diminuição dos valores *VIF*. Houve uma diminuição mais representativa no valor R^2 Ajustado e aumento de S .

Por fim, o modelo 11 apresentou o $L'_{nT,w}$ mais significativo que todos os modelos, assim como a Baixa Qualidade Ambiental. Com a adição da variável Idade do Edifício em relação ao modelo 10, todas as outras variáveis ficaram também mais significativas, apesar do aumento nos valores *VIF* e um consequente aumento de R^2 *Ajustado* e diminuição de *S*. Neste sentido, este modelo indica ser bastante representativo para a variável resposta.

A fim de se definir qual destes seria o melhor modelo, alguns foram simulados com as respectivas equações de regressão em função da variável $L'_{nT,w}$ com o objetivo de determinar um novo critério para o ruído de impacto de pisos, fundamentado no nível de insatisfação dos usuários das edificações ensaiadas. Para as simulações, foi adotado um valor para o Nível de Insatisfação com o Ruído com o Impacto de Piso de 0,45, este assinalado nas tabelas e classificado como PI, mas próximo ao limite do grupo I. Para as variáveis explicativas, foram adotados os valores das médias dos grupos I + MI. Dessa forma, o $L'_{nT,w}$ considerado como "mais satisfatório" para todos os moradores foi calculado. Estes modelos e simulações foram apresentados nas Tabs. 29 a 34.

Tabela 29 - Saída do Minitab para o modelo 1 como resposta o Nível de Insatisfação do Ruído de Impacto de Piso (Q25+Q17+Q15)

Regression Analysis: Q25+Q17+Q15 versus LnTw; Idade entrev; Log_preço ap; Percep_ruido; ...

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	5	50,7563	10,1513	70,16	0,000
LnTw	1	0,2832	0,2832	1,96	0,184
Idade>80 + preço>2200	1	18,1823	18,1823	125,67	0,000
Log_preço apto.	1	2,0428	2,0428	14,12	0,002
Idade entrevistado	1	0,5678	0,5678	3,92	0,068
Percep_ruido_presente -Q17eQ15	1	2,5942	2,5942	17,93	0,001
Error	14	2,0255	0,1447		
Total	19	52,7818			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,380370	96,16%	94,79%	93,49%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-7,19	2,51	-2,87	0,012	
LnTw	0,0236	0,0168	1,40	0,184	1,82
Idade>80 + preço>2200	-3,565	0,318	-11,21	0,000	2,62
Log_preço apto.	1,196	0,318	3,76	0,002	2,01
Idade entrevistado	-0,01114	0,00562	-1,98	0,068	1,30
Percep_ruido_presente -Q17eQ15	0,3042	0,0718	4,23	0,001	1,69

Regression Equation

Q25+Q17+Q15 = -7,19 + 0,0236 LnTw - 3,565 Idade>80 + preço>2200
+ 1,196 Log_preço apto.
- 0,01114 Idade entrevistado + 0,3042 Percep_ruido_presente -Q17eQ15

Notas: As variáveis destacadas em amarelo têm seus valores $p \leq 0,1$ (4ª coluna), o que significa que são mais significativas dentro do modelo, exceto $L'_{nT,w}$. A variável Log Preço Apto, destacada em azul, tem o sinal inverso, sendo que a insatisfação aumenta com o preço, provavelmente não pela qualidade do apartamento, mas pelo criticismo dos moradores.

Tabela 30 - Simulação para o modelo 1 em função de $L'_{nT,w}$

Classificação do Nível de Insatisfação	Média dos grupos	Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto	Log Preço	Idade Entrevistado	Precepção do Ruído no Presente	Idade>80 + Preço>2200	$L'_{nT,w}$	Média dos grupos
Muito Pouco Insatisfeitos (MPI)	-1,65	-3,14	5,70	85	-0,53	1	73	67,00
		-2,80	5,95	81	-0,57	1	73	
		-2,80	6,70	70	-1,34	1	71	
		-2,49	6,34	31	-1,76	1	64	
		-1,79	6,70	60	-0,63	1	71	
		-0,26	5,65	39	-1,17	0	63	
		-0,09	5,78	36	-0,91	0	65	
		0,21	5,85	63	-1,16	0	56	
Pouco Insatisfeitos (PI)	0,35	0,25	5,74	67	-0,98	0	73	64,50
		0,45	5,85	32	-0,97	0	56	
Insatisfeitos (I)	0,62	0,59	6,11	65	-0,20	0	59	67,00
		0,64	5,18	52	2,78	0	75	
Muito Insatisfeitos (MI)	1,40	0,97	5,70	54	-0,56	0	73	68,50
		0,99	5,65	39	0,38	0	63	
		1,03	5,85	33	-1,16	0	61	
		1,38	6,11	35	-0,26	0	70	
		1,55	6,11	61	2,28	0	59	
		1,68	5,74	35	0,72	0	73	
		1,75	6,08	58	1,91	0	68	
		1,88	5,26	27	4,13	0	81	
Média de todos			5,90	51,15	0,00	0,25		
Média MPI + PI	-0,65		6,03	56,40	-1,00	0,50		65,75
Média I + MI	1,01		5,78	45,90	1,00	0		67,75

Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto	Log Preço (Média I + MI)	Idade entrevistado (Média I + MI)	Precepção do Ruído no Presente (Média I + MI)	Idade>80 + Preço>2200 (Média I + MI)	$L'_{nT,w}$
0,45	5,78	45,90	1,00	0,00	40

Tabela 31 - Saída do Minitab para o modelo 4 como resposta o Nível de Insatisfação do Ruído de Impacto de Piso (Q25+Q17+Q15)

Regression Analysis: Q25+Q17+Q15 versus LnTw; Idade>80 + p; Log_preço apt; Idade entrev; ...

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	7	51,0372	7,2910	50,15	0,000
LnTw	1	0,4934	0,4934	3,39	0,090
Idade entrevistado	1	0,7995	0,7995	5,50	0,037
Log_preço apto.	1	1,9311	1,9311	13,28	0,003
Idade>80 + preço>2200	1	18,1447	18,1447	124,80	0,000
Percep_ruido_presente -Q17eQ15	1	1,6630	1,6630	11,44	0,005
Idade edifício	1	0,2314	0,2314	1,59	0,231
Baixa_qualidade_ambiental	1	0,0829	0,0829	0,57	0,465
Error	12	1,7447	0,1454		
Total	19	52,7818			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,381299	96,69%	94,77%	93,03%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-8,88	2,92	-3,05	0,010	
LnTw	0,0343	0,0186	1,84	0,090	2,21
Idade entrevistado	-0,01735	0,00740	-2,35	0,037	2,24
Log_preço apto.	1,364	0,374	3,64	0,003	2,76
Idade>80 + preço>2200	-3,608	0,323	-11,17	0,000	2,69
Percep_ruido_presente -Q17eQ15	0,2725	0,0806	3,38	0,005	2,12
Idade edifício	0,01184	0,00939	1,26	0,231	2,11
Baixa_qualidade_ambiental	0,0393	0,0520	0,75	0,465	1,38

Regression Equation

Q25+Q17+Q15 = -8,88 + 0,0343 LnTw - 0,01735 Idade entrevistado
+ 1,364 Log_preço apto.
- 3,608 Idade>80 + preço>2200 + 0,2725 Percep_ruido_presente -Q17eQ15
+ 0,01184 Idade edifício + 0,0393 Baixa_qualidade_ambiental

Notas: As variáveis destacadas em amarelo têm seus valores $p \leq 0,1$ (4ª coluna), o que significa que são mais significativas dentro do modelo, exceto $L'_{nT,w}$. A variável Log Preço Apto, destacada em azul, tem o sinal inverso, sendo que a insatisfação aumenta com o preço, provavelmente não pela qualidade do apartamento, mas pelo criticismo dos moradores.

Tabela 32 - Simulação para o modelo 4 em função de $L'_{nT,w}$

Classificaçã o do Nível de Insatisfação	Média dos grupo s	Nível de Insatisfaçã o com o Ruído de Impacto	Log Preço	Idade Entrev istado	Percepç ão do Ruído no Present e	Idade >80 + Preço >2200	Idade Edifíci o	Baixa Qualid ade Ambie ntal	$L'_{nT,w}$	Média dos grupo s
Muito Pouco Insatisfeitos (MPI)	-1,65	-3,14	5,70	85	-0,53	1	43	0,78	73	67,00
		-2,80	5,95	81	-0,57	1	42	-2,05	73	
		-2,80	6,70	70	-1,34	1	15	-1,68	71	
		-2,49	6,34	31	-1,76	1	25	0,39	64	
		-1,79	6,70	60	-0,63	1	15	-0,14	71	
		-0,26	5,65	39	-1,17	0	15	0,47	63	
		-0,09	5,78	36	-0,91	0	11	-0,55	65	
		0,21	5,85	63	-1,16	0	37	-1,10	56	
Pouco Insatisfeitos (PI)	0,35	0,25	5,74	67	-0,98	0	35	-2,82	73	64,50
		0,45	5,85	32	-0,97	0	37	-0,61	56	
Insatisfeitos (I)	0,62	0,59	6,11	65	-0,20	0	38	1,01	59	67,00
		0,64	5,18	52	2,78	0	43	-0,02	75	
Muito Insatisfeitos (MI)	1,40	0,97	5,70	54	-0,56	0	43	-0,30	73	68,50
		0,99	5,65	39	0,38	0	15	-0,23	63	
		1,03	5,85	33	-1,16	0	12	0,58	61	
		1,38	6,11	35	-0,26	0	3	-0,21	70	
		1,55	6,11	61	2,28	0	38	0,96	59	
		1,68	5,74	35	0,72	0	35	-0,63	73	
		1,75	6,08	58	1,91	0	20	7,24	68	
		1,88	5,26	27	4,13	0	12	-1,09	81	
Média de todos			5,90	51,15	0,00	0,25	26,70	0,00		
Média MPI + PI		-0,65	6,03	56,40	-1,00	0,50	27,50	-0,73		65,75
Média I + MI		1,01	5,78	45,90	1,00	0	25,90	0,73		67,75

Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto	Log Preço (Média I + MI)	Idade entrevistado (Média I + MI)	Percepção do Ruído no Presente (Média I + MI)	Idade >80 + Preço >2200 (Média I + MI)	Idade Edifício (Média I + MI)	Baixa Qualidade Ambiental (Média I + MI)	$L'_{nT,w}$
0,45	5,78	45,90	1,00	0,00	25,90	0,73	53

Tabela 33 - Saída do Minitab para o modelo 11 como resposta o Nível de Insatisfação do Ruído de Impacto de Piso (Q25+Q17+Q15)

Regression Analysis: Q25+Q17+Q15 versus LnTw; Idade>80 + p; Log_preço ap; Idade entrev; ...

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	6	49,3741	8,2290	31,39	0,000
LnTw	1	2,5964	2,5964	9,90	0,008
Idade entrevistado	1	0,9403	0,9403	3,59	0,081
Log_preço apto.	1	1,5115	1,5115	5,77	0,032
Idade>80 + preço>2200	1	23,5856	23,5856	89,98	0,000
Idade edificio	1	0,3967	0,3967	1,51	0,240
Baixa_qualidade_ambiental	1	0,9262	0,9262	3,53	0,083
Error	13	3,4077	0,2621		
Total	19	52,7818			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,511988	93,54%	90,56%	86,16%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-10,04	3,89	-2,58	0,023	
LnTw	0,0671	0,0213	3,15	0,008	1,61
Idade entrevistado	-0,01878	0,00992	-1,89	0,081	2,23
Log_preço apto.	1,196	0,498	2,40	0,032	2,71
Idade>80 + preço>2200	-3,930	0,414	-9,49	0,000	2,46
Idade edificio	0,0154	0,0125	1,23	0,240	2,08
Baixa_qualidade_ambiental	0,1176	0,0626	1,88	0,083	1,11

Regression Equation

Q25+Q17+Q15 = -10,04 + 0,0671 LnTw - 0,01878 Idade entrevistado
+ 1,196 Log_preço apto.
- 3,930 Idade>80 + preço>2200 + 0,0154 Idade edificio
+ 0,1176 Baixa_qualidade_ambiental

Notas: As variáveis destacadas em amarelo têm seus valores $p \leq 0,1$ (4ª coluna), o que significa que são mais significativas dentro do modelo, exceto $L'_{nT,w}$. A variável Log Preço Apto, destacada em azul, tem o sinal inverso, sendo que a insatisfação aumenta com o preço, provavelmente não pela qualidade do apartamento, mas pelo criticismo dos moradores.

Tabela 34 - Simulação para o modelo 11 em função de $L'_{nT,w}$

Classificação do Nível de Insatisfação	Média dos grupos	Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto	Log Preço	Idade Entrevistado	Baixa Qualidade e Ambiental	Idade >80 + Preço >2200	Idade Edifício	$L'_{nT,w}$	Média dos grupos
Muito Pouco Insatisfeitos (MPI)	-1,65	-3,14	5,70	85	0,78	1	43	73	67,00
		-2,80	5,95	81	-2,05	1	42	73	
		-2,80	6,70	70	-1,68	1	15	71	
		-2,49	6,34	31	0,39	1	25	64	
		-1,79	6,70	60	-0,14	1	15	71	
		-0,26	5,65	39	0,47	0	15	63	
		-0,09	5,78	36	-0,55	0	11	65	
		0,21	5,85	63	-1,10	0	37	56	
Pouco Insatisfeitos (PI)	0,35	0,25	5,74	67	-2,82	0	35	73	64,50
		0,45	5,85	32	-0,61	0	37	56	
Insatisfeitos (I)	0,62	0,59	6,11	65	1,01	0	38	59	67,00
		0,64	5,18	52	-0,02	0	43	75	
Muito Insatisfeitos (MI)	1,40	0,97	5,70	54	-0,30	0	43	73	68,50
		0,99	5,65	39	-0,23	0	15	63	
		1,03	5,85	33	0,58	0	12	61	
		1,38	6,11	35	-0,21	0	3	70	
		1,55	6,11	61	0,96	0	38	59	
		1,68	5,74	35	-0,63	0	35	73	
		1,75	6,08	58	7,24	0	20	68	
		1,88	5,26	27	-1,09	0	12	81	
Média de todos			5,90	51,15	0,00	0,25	26,70		
Média MPI + PI	-0,65		6,03	56,40	-0,73	0,50	27,50		65,75
Média I + MI	1,01		5,78	45,90	0,73	0	25,90		67,75

Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto	Log Preço (Média I + MI)	Idade entrevistado (Média I + MI)	Baixa Qualidade e Ambiental (Média I + MI)	Idade >80 + Preço >2200 (Média I + MI)	Idade Edifício (Média I + MI)	$L'_{nT,w}$
0,45	5,78	45,90	0,73	0,00	25,90	59

O primeiro modelo 1 (Tabs. 29 e 30), apresentou um valor de $L'_{nT,w}$ muito baixo, sendo 40dB e, portanto, incoerente em relação aos níveis estabelecidos para o ruído de impacto de pisos. Já os modelos 4 e 11 (Tabs. 31 a 34), apresentaram valores de 53 e 59dB respectivamente, e bastante consistentes em relação aos níveis estabelecidos como mínimos por diversas regulamentações internacionais já apresentadas. Em relação a estes dois modelos, pôde-se observar que a variável $L'_{nT,w}$, muito importante no modelo para o cálculo, ficou mais significativa, apesar do pequeno aumento do *Valor-P* de algumas variáveis, e uma consequente diminuição dos valores *VIF* de todas as variáveis envolvidas.

Portanto, foi definido o último modelo de regressão, representado pela Eq. (4.12), como o que melhor descreve a variável dependente Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso, conforme justificado anteriormente. Este modelo é muito próximo do modelo 4, que tem adicionalmente a variável Percepção do Ruído no Presente. Apesar desta variável ser significativa (*Valor-P* < 0,05) no modelo, é possível que esteja competindo com as variáveis $L'_{nT,w}$ e Baixa Qualidade Ambiental: os valores dos parâmetros destas variáveis mudam sensivelmente entre os dois modelos. Isto possivelmente pelo ruído no presente ter sido decomposto adequadamente entre o ruído aéreo (Baixa Qualidade Ambiental) e Nível de Pressão Sonora Padronizado Ponderado de Impacto ($L'_{nT,w}$).

$$\begin{aligned} \text{Nível de Insatisfação do Ruído de Impacto de Piso} = & -10,04 + \\ & 0,0671 (L'_{nT,w}) - 0,01878 (\text{Idade do Entrevistado}) + 1,196 (\text{Log Preço Apto}) \\ & - 3,930 (\text{Idade} > 80 + \text{Preço} > 2200) + 0,0154 (\text{Idade Edifício}) + 0,1176 (\text{Baixa} \\ & \text{Qualidade Ambiental}) \end{aligned} \quad (4.12)$$

Com relação aos valores de $L'_{nT,w}$ medidos, já exposto na Tab. 8 do item 4.1.1, 50% das edificações ensaiadas foram classificadas com nível de desempenho mínimo, enquanto 42,86% classificadas com nível de desempenho intermediário. Apenas 7,14%, o que significa apenas uma, não atendeu à norma brasileira. Nenhuma delas alcançou o nível superior, estabelecido abaixo de 55dB.

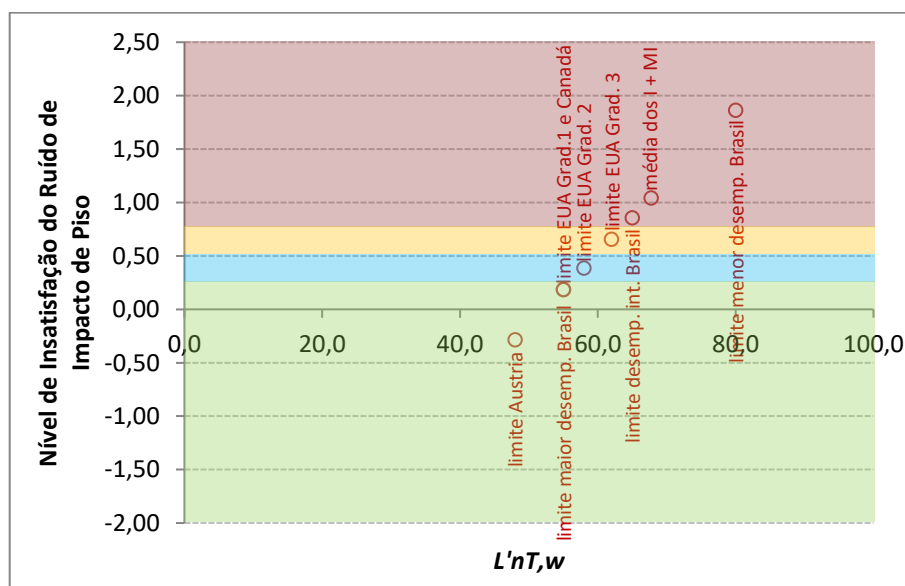
Ainda, pelas Tabs. 29, 31 e 33 de simulações dos modelos de regressão, é possível observar que os moradores classificados como "muito insatisfeitos" (MI) e "insatisfeitos" (I) abrangem praticamente toda a faixa dos valores de $L'_{nT,w}$ medidos, ou seja, de 59dB (segundo menor valor

medido) a 81dB (maior valor medido), o que demonstra a real insatisfação dos mesmos em relação aos níveis de ruído de impacto de pisos em suas edificações.

A fim de se entender um pouco mais sobre os níveis de insatisfação dos usuários, através do modelo de regressão, foram calculados os níveis de insatisfação relativos aos valores de $L'_{nT,w}$ estabelecidos como mínimos para os limites de desempenho brasileiros, para alguns países mais restritivos, para a média dos I + MI da amostra e para todas as classificações estabelecidas pela FHA dos EUA (Tabs. 35 a 38) (Figs. 44 e 45). Os mesmos valores das simulações foram adotados para as variáveis independentes, a média do grupo dos I + MI.

Tabela 35 - Níveis de insatisfação em relação a alguns limites de $L'_{nT,w}$

	$L'_{nT,w}$	Log Preço (Média I + MI)	Idade entrevistado (Média I + MI)	Baixa Qualidade Ambiental (Média I + MI)	Idade > 80 + Preço > 2200 (Média I + MI)	Idade Edifício (Média I + MI)	Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Pisos
Média dos I + MI da amostra	67,8						1,04
Limite de menor desempenho no Brasil - Mínimo (M)	80						1,86
Limite de desempenho intermediário no Brasil - Intermediário (I)	65						0,86
Limite de maior desempenho no Brasil - Superior (S)	55	5,78	45,9	0,73	0	25,90	0,18
Limite nos EUA Grad. 3	62						0,65
Limite nos EUA Grad. 2	58						0,39
Limite nos EUA Grad. 1 e Canadá	55						0,18
Limite na Áustria	48						-0,28

Figura 44 - Gráfico dos níveis de insatisfação em relação a alguns limites de $L'_{nT,w}$

Notas: A área sombreada vermelha destaca os entrevistados considerados como Muito Insatisfeitos (MI) em relação ao nível de ruído de impacto de piso. A área sombreada laranja representa os entrevistados considerados como Insatisfeitos (I), a área sombreada azul os Pouco Insatisfeitos (PI) e a área sombreada verde os Muito Pouco Insatisfeitos (MPI). Foram considerados os limites mínimos para a situação Quarto sobre Quarto conforme cada classificação de graduação das edificações estabelecidas pela FHA.

Tabela 36 - Níveis de insatisfação em relação a limites de $L'_{nT,w}$ da FHA - Grad. 1

Relação entre ambientes			IIC	$L'_{nT,w}$	Log Preço (Média I + MI)	Idade Entrevis- tado (Média I + MI)	Baixa_Qu- alidade_A- mbiental (Média I + MI)	Idade >80 + Preço >2200 (Média I + MI)	Idade Edifício (Média I + MI)	Nível de Insatisf- ação com o Ruído de Impacto de Pisos
			Grad. 1							
Quarto	acima de	Quarto	55	55	5,78	45,9	0,73	0	25,90	0,18
Sala Estar	acima de	Quarto	60	50						-0,15
Cozinha	acima de	Quarto	65	45						-0,49
Sala Íntima	acima de	Quarto	65	45						-0,49
Corredor	acima de	Quarto	65	45						-0,49
Quarto	acima de	Sala Estar	55	55						0,18
Sala Estar	acima de	Sala Estar	55	55						0,18
Cozinha	acima de	Sala Estar	60	50						-0,15
Sala Íntima	acima de	Sala Estar	62	48						-0,28
Corredor	acima de	Sala Estar	60	50						-0,15
Quarto	acima de	Cozinha	52	58	5,78	45,9	0,73	0	25,90	0,39
Sala Estar	acima de	Cozinha	55	55						0,18
Cozinha	acima de	Cozinha	55	55						0,18
Banheiro	acima de	Cozinha	55	55						0,18
Sala Íntima	acima de	Cozinha	60	50						-0,15
Corredor	acima de	Cozinha	55	55						0,18
Quarto	acima de	Sala Íntima	50	60						0,52
Sala Estar	acima de	Sala Íntima	52	58						0,39
Cozinha	acima de	Sala Íntima	55	55						0,18
Banheiro	acima de	Banheiro	52	58						0,39
Corredor	acima de	Corredor	50	60						0,52

Graduação 1 - recomendado para edificações localizadas em áreas residenciais urbanas silenciosas, com Ruído Ambiente noturno no exterior da edificação entre 35dB(A) e 40dB(A) ou inferior. Recomenda-se também, a utilização desse critério em edifícios de apartamentos onde se deseja o máximo de isolamento sonora, independentemente da localização da edificação.

Notas: A área sombreada vermelha destaca os entrevistados considerados como Muito Insatisfeitos (MI) em relação ao nível de ruído de impacto de piso. A área sombreada laranja representa os entrevistados considerados como Insatisfeitos (I), a área sombreada azul os Pouco Insatisfeitos (PI) e a área sombreada verde os Muito Pouco Insatisfeitos (MPI).

Tabela 37 - Níveis de insatisfação em relação a limites de $L'_{nT,w}$ da FHA - Grad. 2

Relação entre ambientes			IIC	$L'_{nT,w}$	Log Preço (Média I + MI)	Idade Entrevistado (Média I + MI)	Baixa_Qu alidade_Ambiental (Média I + MI)	Idade >80 + Preço >2200 (Média I + MI)	Idade Edifício (Média I + MI)	Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Pisos
			Grad. 2							
Quarto	acima de	Quarto	52	58						0,39
Sala Estar	acima de	Quarto	57	53						0,05
Cozinha	acima de	Quarto	62	48						-0,28
Sala Íntima	acima de	Quarto	62	48						-0,28
Corredor	acima de	Quarto	62	48						-0,28
Quarto	acima de	Sala Estar	52	58						0,39
Sala Estar	acima de	Sala Estar	52	58						0,39
Cozinha	acima de	Sala Estar	57	53						0,05
Sala Íntima	acima de	Sala Estar	60	50						-0,15
Corredor	acima de	Sala Estar	57	53						0,05
Quarto	acima de	Cozinha	50	60	5,78	45,9	0,73	0	25,9	0,52
Sala Estar	acima de	Cozinha	52	58						0,39
Cozinha	acima de	Cozinha	52	58						0,39
Banheiro	acima de	Cozinha	52	58						0,39
Sala Íntima	acima de	Cozinha	58	52						-0,02
Corredor	acima de	Cozinha	52	58						0,39
Quarto	acima de	Sala Íntima	48	62						0,65
Sala Estar	acima de	Sala Íntima	50	60						0,52
Cozinha	acima de	Sala Íntima	52	58						0,39
Banheiro	acima de	Banheiro	50	60						0,52
Corredor	acima de	Corredor	46	64						0,79

Graduação 2 - recomendado para edificações localizadas em áreas residenciais urbanas medianamente silenciosas, com Ruído Ambiente noturno no exterior da edificação entre 40dB(A) e 45dB(A).

Notas: A área sombreada vermelha destaca os entrevistados considerados como Muito Insatisfeitos (MI) em relação ao nível de ruído de impacto de piso. A área sombreada laranja representa os entrevistados considerados como Insatisfeitos (I), a área sombreada azul os Pouco Insatisfeitos (PI) e a área sombreada verde os Muito Pouco Insatisfeitos (MPI).

Tabela 38 - Níveis de insatisfação em relação a limites de $L'_{nT,w}$ da FHA - Grad. 3

Relação entre ambientes			IIC	$L'_{nT,w}$	Log Preço (Média I + MI)	Idade Entrevistado (Média I + MI)	Baixa_Qualidade_Ambiental (Média I + MI)	Idade >80 + Preço >2200 (Média I + MI)	Idade Edifício (Média I + MI)	Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Pisos
			Grad. 3							
Quarto	acima de	Quarto	48	62	5,78	45,9	0,73	0	25,9	0,65
Sala Estar	acima de	Quarto	53	57						0,32
Cozinha	acima de	Quarto	58	52						-0,02
Sala Íntima	acima de	Quarto	58	52						-0,02
Corredor	acima de	Quarto	58	52						-0,02
Quarto	acima de	Sala Estar	48	62						0,65
Sala Estar	acima de	Sala Estar	48	62						0,65
Cozinha	acima de	Sala Estar	53	57						0,32
Sala Íntima	acima de	Sala Estar	56	54						0,12
Corredor	acima de	Sala Estar	53	57						0,32
Quarto	acima de	Cozinha	46	64						0,79
Sala Estar	acima de	Cozinha	48	62						0,65
Cozinha	acima de	Cozinha	48	62						0,65
Banheiro	acima de	Cozinha	48	62						0,65
Sala Íntima	acima de	Cozinha	54	56						0,25
Corredor	acima de	Cozinha	48	62						0,65
Quarto	acima de	Sala Íntima	46	64						0,79
Sala Estar	acima de	Sala Íntima	48	62						0,65
Cozinha	acima de	Sala Íntima	50	60						0,52
Banheiro	acima de	Banheiro	48	62						0,65
Corredor	acima de	Corredor	45	65						0,86

Graduação 3 - recomendado para edificações localizadas em áreas com elevado Ruído Ambiente noturno no exterior da edificação, sendo 55dB(A) ou mais, e é considerada a menor isolamento admissível entre ambientes de diferentes unidades de uma edificação.

Notas: A área sombreada vermelha destaca os entrevistados considerados como Muito Insatisfeitos (MI) em relação ao nível de ruído de impacto de piso. A área sombreada laranja representa os entrevistados considerados como Insatisfeitos (I), a área sombreada azul os Pouco Insatisfeitos (PI) e a área sombreada verde os Muito Pouco Insatisfeitos (MPI).

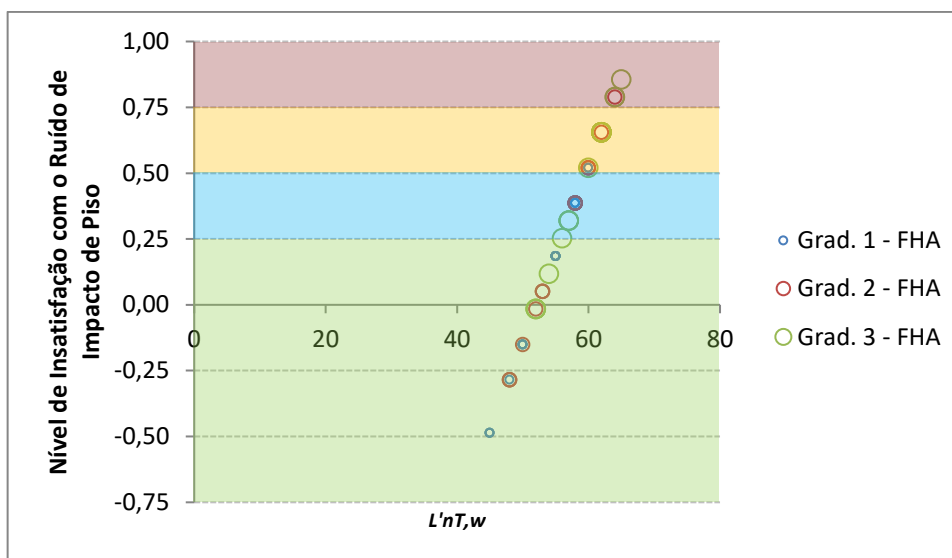


Figura 45- Gráfico de níveis de insatisfação em relação a limites de $L'_{nT,w}$ da FHA - Grad. 1, 2 e 3

Notas: A área sombreada vermelha destaca os entrevistados considerados como Muito Insatisfeitos (MI) em relação ao nível de ruído de impacto de piso. A área sombreada laranja representa os entrevistados considerados como Insatisfeitos (I), a área sombreada azul os Pouco Insatisfeitos (PI) e a área sombreada verde os Muito Pouco Insatisfeitos (MPI).

Pôde-se observar pela Tab. 34 e Fig. 44 que os limites de menor desempenho e desempenho intermediário brasileiros foram classificados como MI em relação aos valores de $L'_{nT,w}$, bem com o limite mínimo para as edificações de Graduação 3 da FHA dos EUA classificado como I, estando esses acima do valor de $L'_{nT,w}$ calculado como sendo "mais satisfatório". O limite para a edificação de Graduação 2 da FHA foi classificado como PI, estando abaixo do valor de $L'_{nT,w}$ calculado de 59dB. Já os limites de desempenho superior brasileiro, para as edificações de Graduação 3 da FHA, para o estabelecido pela NBCC do Canadá e para a Áustria, foram classificados como MPI, também abaixo do valor de $L'_{nT,w}$ calculado.

De acordo com as Tabs. 36 a 38 e com gráfico da Fig. 45, praticamente todos os critérios foram classificados como MPI para as edificações de Graduação 1 da FHA, alguns como sendo PI e apenas um como I. Para a Graduação 2, a maioria foi classificada também como MPI e PI, quatro como I e um como MI. Já para a Graduação 3, verificamos uma maioria de critérios classificados como I, três como MI e MPI, e cinco como PI.

Vale ressaltar que estas classificações para os limites da FHA foram dadas dentro de um contexto comparativo com a realidade subjetiva brasileira e que adota outras tipologias de

sistemas construtivos diferentes dos EUA, mas acredita-se que a percepção auditiva e a referência dos usuários em relação ao incômodo são as mesmas. Estes índices americanos são adotados há quase cinquenta anos, sem terem sido alterados durante este período, portanto bem consistentes, e foram obtidos através de uma vasta pesquisa com os moradores.

Outra observação importante se refere aos intervalos dos limites estabelecidos pela FHA. Como exemplo da situação Quarto sobre Quarto, objeto deste trabalho, a mesma estabelece 55, 58 e 62dB para as diferentes graduações de edifícios em relação aos níveis de Ruído Ambiente externos, ou seja, uma diferença de apenas 3 e 4dB. Ao contrário, a norma brasileira estabelece intervalos de 14 e 9dB numa mesma classificação de desempenho, sendo portanto, bastante permissiva.

5

CONCLUSÕES

5.1. Considerações Finais

Pôde-se verificar que os critérios de desempenho de pisos quanto ao isolamento do ruído de impacto de piso praticados no Brasil e em outros países são diversos. Embora nestes sejam adotados variados sistemas construtivos, a percepção auditiva e a referência do receptor são as mesmas. Sendo assim, considera-se válida a comparação entre os limites estabelecidos no Brasil e nos demais países.

Além disso, a análise subjetiva é uma ferramenta imprescindível para a determinação de um critério que atenda às expectativas de desempenho de cada comunidade.

Neste sentido, o trabalho foi desenvolvido a fim de se estabelecer critérios para uma avaliação subjetiva do incômodo gerado pelo ruído de impacto de piso, através de medições acústicas em edificações de Belo Horizonte. Paralelamente, foram caracterizados os sistemas construtivos adotados nas edificações. Com estes dados, foi possível então qualificar o desempenho acústico

dos sistemas de piso ensaiados aos níveis estabelecidos pela norma ABNT NBR 15575:2013, fazer uma comparação entre estes e os níveis adotados pelas demais regulamentações internacionais, avaliar se esses critérios são adequados à percepção dos usuários das edificações, verificar os níveis de insatisfação dos mesmos em relação ao isolamento de ruído de impacto de piso, e, ainda, propor novos critérios fundamentados na percepção de incômodo dos usuários.

Observou-se que das quatorze edificações ensaiadas, apenas seis (42,86%) foram classificadas com o nível de desempenho intermediário estabelecido pela ABNT NBR 15575:3-2013, enquanto outras sete (50%) classificadas com o nível de menor desempenho. Apenas uma (7,14%) não atendeu à norma brasileira. Portanto, nenhuma delas alcançou o nível de maior desempenho, com o $L'_{nT,w}$ igual ou abaixo de 55dB .

Sendo 55dB o limite mínimo adotado pela FHA dos EUA e a NBCC do Canadá, da mesma forma, nenhuma edificação ensaiada atendeu à estas regulamentações, nem mesmo à Áustria, que estabelece 48dB como mínimo e sendo o país mais restritivo. Pôde-se verificar que apenas uma edificação (7,14%), cujo $L'_{nT,w}$ é 56dB, atenderia aos níveis mínimos estabelecidos por cinco países além do Brasil, sendo eles Austrália, Dinamarca, Inglaterra, Irlanda e Japão. Além disso, apenas uma (7,14%) com $L'_{nT,w}$ de 59dB atenderia aos limites de quatro países (Austrália, Inglaterra, Irlanda e Japão) além do Brasil, quatro edificações (28,57%) com $L'_{nT,w}$ de 61, 63, 64 e 65dB atenderiam aos limites de dois países (Inglaterra e Irlanda) além do Brasil, e uma delas (7,14%) com $L'_{nT,w}$ de 71dB e $L'_{nT,w} + C_I$ de 62dB, atenderia ao limite de apenas um país, a Inglaterra. Vale lembrar que este país adota o índice $L'_{nT,w} + C_I$, normalmente mais restritivo pelo valor de C_I ser, muitas vezes, negativo. Dessa forma, sete amostras (50%) estariam com os limites dentro do estabelecido por este país.

Com relação aos valores de $L'_{n,w}$, também foram calculados para as edificações ensaiadas como comparação aos países que adotam este mesmo índice, apesar de não ser praticado no Brasil. Observou-se que apenas uma amostra (7,14%) com $L'_{n,w}$ de 58dB atende aos limites estabelecidos por três países como a França, Polônia e Suécia, e outra (7,14%) com $L'_{n,w}$ de 67dB e $L'_{n,w} + C_I$ de 56dB que atende somente a Suécia, que da mesma forma como a Inglaterra, adota o índice acrescentando o termo C_I . As doze amostras (85,71%) restantes não atendem aos limites de $L'_{n,w}$ de nenhum país.

Com o objetivo de se verificar o nível de satisfação ou insatisfação dos usuários em relação ao nível de ruído de impacto de piso, foi criada uma variável chamada de "Nível de Insatisfação com Ruído de Impacto de Piso", através de uma combinação de variáveis utilizando a técnica PCA, a fim de se classificar os moradores. Observou-se que nenhum indivíduo está "satisfeito" com o nível de ruído de impacto de piso. A fim de melhor representar as observações e respostas, bem como de manter uma divisão equilibrada e diminuir o intervalo entre as classificações, foram então estabelecidos os limites para esta classificação dos grupos "Muito Pouco Insatisfeito" (MPI), "Pouco Insatisfeito" (PI), "Insatisfeito" (I) e "Muito Insatisfeito" (MI).

A partir dos dados obtidos nas medições, nos levantamentos e nas entrevistas, foi possível relacioná-los adotando um modelo estatístico de Regressão Linear Múltipla, a fim de se obter uma relação entre a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso e as variáveis explicativas. Para se entender melhor esta relação direta, foram feitos diagramas de dispersão e o que possibilitou tirar algumas conclusões.

Verificou-se uma possível relação negativa hipotética entre o Nível de Insatisfação e o $L'_{nT,w}$ devido ao grupo minoritário identificado na Fig. 10, item 4.2.1.1, e classificados como MPI. Devido à clara separação entre este grupo e os demais entrevistados, os valores de insatisfação tendem a apresentar uma relação negativa com o $L'_{nT,w}$ e geram uma falsa interpretação de que os "pouco insatisfeitos" moram em apartamentos onde o $L'_{nT,w}$ é maior, o que é incoerente. Além disso, os indivíduos que moram em edifícios onde o Ruído Ambiente é baixo, estão mais insatisfeitos em relação ao nível de ruído de impacto de piso conforme as análises. Também observou-se que moradores de edifícios mais novos estão mais insatisfeitos em relação ao nível de ruído de impacto de piso, e que aqueles que moram em edifícios com menor preço de venda estão mais insatisfeitos, este muito em função do grupo minoritário destacado e classificado como MPI, moradores de apartamentos mais caros. Outras interpretações importantes são que os moradores mais novos estão mais insatisfeitos em relação ao nível de ruído de impacto de piso, e aqueles que têm mais identidade de lugar, ou seja, têm mais relação com o lugar em que vivem, são menos insatisfeitos.

No que se refere aos níveis de ruído de impacto, observou-se que as lajes cujas espessuras são maiores, apresentaram geralmente um valor de $L'_{nT,w}$ menor, uma vez que as lajes maciças têm em geral de 10 a 12cm de espessura, e portanto menores, enquanto outras tipologias

apresentam uma maior espessura incluindo o contrapiso e acabamento.. Também foi observado que apartamentos cujo preço de venda é maior obtiveram um valor de $L'_{nT,w}$ menor.

Após a verificação e análise de diversos modelos de regressão, um foi definido como sendo o que melhor descreve a variável resposta Nível de Insatisfação com o Ruído de Impacto de Piso. O mesmo foi simulado em função de $L'_{nT,w}$ e calculado o seu valor como sendo "aceitável" em relação aos níveis de insatisfação dos moradores, sendo esse 59dB. Para isso, foram adotados os valores das médias dos grupos dos MI + I para as variáveis explicativas que compõem o modelo, o que representa que o valor de 59dB encontrado para o $L'_{nT,w}$ atende a todos os grupos de usuários.

Conforme já observado, o limite do critério considerando como de menor desempenho pela ABNT NBR 15575:3-2013, $L'_{nT,w}$ de 80dB, não apresenta restrição às tipologias de sistemas construtivos praticados na grande maioria das edificações brasileiras de múltiplos pavimentos. Apesar da pequena amostragem deste trabalho não ser conclusiva quanto ao uso dos sistemas construtivos no Brasil, em geral, nestas edificações são adotadas lajes de concreto maciças com espessura superior a 8cm. Como exemplo de desempenho desta tipologia, pela Tab. 8, a edificação referente ao ensaio 7 tem uma laje maciça de 8cm de espessura e uma regularização com acabamento do piso em durafloor, juntos com 2cm de espessura, e obteve um valor de $L'_{nT,w}$ de 70dB, bem abaixo dos 80dB mínimos. Já a edificação referente ao ensaio 5, cuja laje tem 10cm de espessura, com contrapiso e acabamento do piso em tábua corrida, juntos com 4,5cm de espessura, obteve um valor de $L'_{nT,w}$ de 68dB, também muito abaixo dos 80dB mínimos. Ressaltando que uma das edificações, do ensaio 11, foi a única que não atendeu ao critério mínimo, com um $L'_{nT,w}$ de 81dB. Isto representa uma inconsistência do valor estabelecido como o limite de menor desempenho pela norma e reforça a adoção do valor de 59dB encontrado pelo modelo de regressão para o $L'_{nT,w}$, ou mesmo próximo a ele, mais adequado à percepção de incômodo dos usuários por atender a todos os grupos dos entrevistados. Além disso, este valor encontrado está muito coerente com os critérios recomendados pela FHA, bastante consolidados conforme já mencionado, o que pode ser confirmado pelos níveis de insatisfação calculados para estes critérios através do modelo de regressão, e sua classificação dentro dos grupos de usuários (Tabs. 36 a 38 e Fig. 45).

É importante ressaltar que os intervalos dos limites estabelecidos pela FHA para as diferentes graduações de edificações são pequenos, na ordem de 3 a 4dB, diferentemente da norma

brasileira, e também coerentes com os limites de nível de insatisfação estabelecidos para a classificação dentro dos grupos em relação aos valores de $L'_{nT,w}$ (Fig. 44), como representado abaixo na situação Quarto sobre Quarto:

Limite para as edificações Grad. 1 = 55dB Classificação grupo MPI	Limite para as edificações Grad. 2 = 58dB Classificação grupo PI	Limite para as edificações Grad. 3 = 62dB Classificação grupo I
---	--	--

Para que sejam alcançados desempenhos superiores, como os praticados nos países analisados, assim como pelo FHA dos EUA, é recomendada a adoção de sistemas de pisos flutuantes com materiais resilientes, como a lã de vidro entre a laje estrutural e o contrapiso. Os exemplos descritos na Tab. 1, apresentados por Ferraz (2008), ilustram diversas situações onde uma laje maciça de concreto com 10cm de espessura sob contrapiso de concreto de 5cm de espessura, com algumas composições de pisos flutuantes, atende não somente à norma brasileira com nível de maior desempenho, mas também à diversas regulamentações internacionais e ao valor encontrado de 59dB para $L'_{nT,w}$ a partir do modelo de regressão, este mais adequado à percepção de incômodo dos usuários entrevistados.

Por fim, é importante mencionar que os moradores das edificações mais populares ensaiadas (Ensaio 10 e 11), classificados como I e MI, são bastante incomodados em relação aos níveis de ruído de impacto de piso e estes bastante significativos, mas as pessoas não sabem como devem proceder para resolver o problema. Isto é bastante comum, e reforça a importância de se estabelecer um critério, ou critérios, que melhor atendam às expectativas dos usuários das edificações.

5.2. Proposta para Trabalho Futuro

Considerando que os índices de isolamento iguais ou inferiores a 55dB, limite este para a classificação de maior desempenho pela norma brasileira no contexto dos sistemas construtivos adotados no país, somente serão atingidos quando houver sistemas de isolamento de impacto de piso instalados nas edificações, e que dentro da realidade brasileira, é uma situação nova. Sendo assim, sugere-se que sejam realizados ensaios em edificações que atendam a esta faixa de isolamento, para melhor caracterizar as condições de "pouca insatisfação" e "muito pouca insatisfação", e para uma análise de concordância do modelo estatístico adotado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15575-3*: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Brasil, 2013. 55p.

ASTM INTERNATIONAL. Annual Book of ASTM Standards E989. *ASTM E 989*: Standard Classification for Determination Impact Insulation Class (IIC). Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 1989.

BEATTY, P. Understanding the Standardized/Non-Standardized Interviewing Controversy. *Journal of Official Statistics*, v. 11, n. 2, pp. 147-160, 1995.

BEATTY, P. C.; WILLIS, G. B. Research Synthesis: The Practice of Cognitive Interviewing. *Public Opinion Quarterly*, v. 71, n. 2, pp. 287-311, 2007.

BENTO, E. F. M. *A Incomodidade do Ruído: Relações com o Nível de Exposição Sonoro e Identidade de Lugar*. 2011. 92f. Mestrado Integrado em Psicologia - Universidade de Lisboa, 2011.

BERENDT, R.D.; WINZER, G.E.; BURROUGHS, C.B.. *Airborne, Impact and Structural Borne Noise Control in Multifamily Dwellings*. Washington, D.C.: U.S. Department of Housing and Urban Development (HUD), 1967.

BISTAFA, S.R. *Acústica aplicada ao controle de ruído*. São Paulo: Edgar Blücher, 2006. 368p.

BODLUND, K. Alternative Reference Curves for Evaluation of the Impact Sound Insulation between Dwellings. *Journal of Sound and Vibration*, v.102, pp. 381-402, 1985.

BRADBURN, N. M.; SUDMAN, S.; WANSINK, B. *Asking Questions*. San Francisco: John Wiley & Sons, 2004. 448p.

CORNACCHIA, G. *Inverstigação in-situ do isolamento sonoro ao ruído de impacto em edifícios residenciais*, 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

CREMER, L., HECKL, M. *Structure-Borne Sound: Structural Vibrations and Sound Radiation at Audio Frequencies*. 2ª ed. Berlin: Springer-Verlag, 1988. 573p.

DAVERN, W. A. Impact Noise on Two Timber Floors with Vinyl Floor Covering on Resilient Underlays. *Applied Acoustis*, v. 24, pp. 157-163, 1988.

FERRAZ, R. *Atenuação de Ruído de Impacto em Pisos de Edificações de Pavimentos Múltiplos*. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FORD, R. D.; HOTHERSALL, D. C.; WARNOCK, A. C. C. The Impact Insulation Assessment of Covered Concrete Floors. *Journal of Sound and Vibration*, v. 33, pp. 103-115, 1974.

FOTHERGILL, L. C. Sound Insulation between Dwellings. *Applied Acoustics*, v. 24, pp. 312-334, 1988.

FOWLER, F. J. *Survey Research Methods*. Thousand Oaks: SAGE Publications Inc, 2009. 201p.

GALBRUN, L. Vibration Transmission through Plate/beam Structures Typical of Lightweight Buildings: Applicability and limitations of fundamental theories. *Applied Acoustics*, v. 77, pp. 587-596, 2010.

GALLUN, F. J.; DIEDESCH, A. C.; BEASLEY, R. Impacts of age on memory for auditory intensity. *Journal of Acoustic Society of America*, v. 132, pp. 944-956, 2012.

GEER, J. G. What Do Open-Ended Questions Measure? *The Public Opinion Quartely*, v. 52, n. 3, pp. 365-371, 1988.

GERGES, S. N. Y. *Ruído: fundamentos e controle*. Florianópolis: S. N. Y. Gerges, 1992. 600p.

GERRETSEN, E. A New System for Rating Impact Sound Insulation. *Applied Acoustics*, v. 9, 1976.

GILLJAN, M.; GRANBERG, D. Should We Take Don't Know for an Answer? *The Public Opinion Quartely*, v. 57, n.3, pp. 348-357, 1993.

GIMÉNEZ, A.; CIBRIÁN, R. M.; GIRÓN, S.; ZAMARREÑO, T.; SENDRA, J. J.; VELA, A.; DAUMAL, F. Questionnaire Survey to Qualify the Acoustics of Spanish Concert Halls. *Acta Acustica United with Acustica*, v. 97, pp. 949-965, 2011.

GRIMWOOD, C. Complaints about Poor Sound Insulation between Dwellings in England and Wales. *Applied Acoustics*, v. 52, n. 3/4, pp. 211-223, 1997.

HOPKINS, C. *Sound Insulation*. Burlington: Elsevier Ltd., 2007. 622p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *ISO 140-7: Acoustics: measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part VII: Field measurements of impact sound insulation of floors*. Genève, Switzerland, 1998. 17p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *ISO 354: Acoustics: Measurement of sound absorption in a reverberation room*. Genève, Switzerland, 2003. 21p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). *ISO 717-2: Acoustics: rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part II: Impact sound insulation*. Genève, Switzerland, 1996. 12p.

JEON, J. Y.; LEE, P. J.; KIM, J. H.; YOO, S. Y. Subjective evaluation of heavy-weight floor impact sounds in relation to spatial characteristics. *Journal of Acoustic Society of America*, v. 125, pp. 2987-2994, 2009.

JOSSE, R. How to Assess the Sound-reducing Properties for Floors to Impact Noise (Footsteps). *Applied Acoustics*, v. 5, 1972.

KIMURA, S.; INOUE, K. Practical Calculation of Floor Impact Sound by Impedance Method. *Applied Acoustics*, v. 26, pp. 263-292, 1989.

LANGDON, F. J.; BULLER, I. B.; SCHOLES, W. W. Noise from Neighbours and the Sound Insulation of Party Floors and Walls in Flats. *Journal of Sound and Vibration*, v. 88, pp. 243-270, 1983.

MADERUELO-SANZ, R.; MARTÍN-CASTIZO, M.; VÍLCHEZ-GÓMEZ, R. The Performance of Resilient Layers Made from Recycled Rubber Fluff Impact Noise Reduction. *Applied Acoustics*, v. 71, pp. 823-828, 2011.

MEHTA, M.; JOHNSON, J.; ROCAFORT, J. *Architectural Acoustics: principles and design*. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 445p.

MINGOTI, S.A. *Análise de Dados Através de Métodos de Estatística Multivariada: Uma Abordagem Aplicada*. 2ª reimpressão. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2013. 295p.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. *Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros*. Rio de Janeiro: John Wiley & Sons, Inc, 2011. 521p.

MORETIN, P. A.; BUSSAB, W. O. *Estatística Básica*. 5ª ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2004. 526p.

NADER ELHAJJ, P. E. *Light Stell Frame Housing. Review of Fire and Acoustic Performance*. Brussels, Belgium. International Iron and Steel Institute (IISI), 2002.

NEVES E SOUSA, A.; GIBBS, B. M. Low frequency impact sound transmission in dwellings through homogeneous concrete floors and floating floors. *Applied Acoustics*, v. 72, pp. 177-189, 2011.

PEDROSO, M. A. T. *Estudo Comparativo entre as Modernas Composições de Pisos Flutuantes quanto ao Desempenho no Isolamento ao Ruído de Impacto*. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2007.

PEREYON, D. *Estudo de Tipologias de Lajes quanto ao Isolamento ao Ruído de Impacto*. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2008.

SEWELL, E. C.; SAVAGE, J. E. Effect of Associated Walls on the Sound Insulation of Concrete Party Floors. *Applied Acoustics*, v. 20, pp. 297-315, 1987.

SHI, W.; JOHANSSON, C.; SUNDBÄCK, U. An investigation of the characteristics of impact sound sources for impact sound insulation measurement. *Applied Acoustics*. v. 51, pp. 85-108, 1997.

SILVA, Pérides. *Acústica Arquitetônica & Condicionamento de Ar*. Belo Horizonte: EDTAL, 2002.

SIMÕES, S.; PEREIRA, M. A. M. A Arte e a Ciência de Fazer Perguntas. *Desigualdades Sociais, Redes de Sociabilidade e Participação Política*, Neuma Aguiar (org.), Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.

SIMONS, M. W.; WATERS, J. R. *Sound Control in Buildings*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd., 2004.

SIRKEN, M. G.; HERRMANN, D. J.; SCHECHTER, S.; SCHWARZ, N.; TANUR, J. M.; TOURANGEAU, R. *Cognition and Survey Research*. Hardcover, 1999. 395p.

SOUZA, L.; ALMEIDA, M.; BRAGANÇA, L. *Bê-á-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura*. São Carlos, SP: EdUFSCar, 2006.149p.

STEWART, M. A.; CRAIK, R. J. M. Impact Sound Transmission through a Floating Floor on a Concrete Slab. *Applied Acoustics*, v. 59, pp. 353-372, 2000.

SUCHMAN, L.; JORDAN, B. International Troubles in Face-to-Face Survey Interviews. *Journal of American Statistical Association*, v. 85, n. 409, pp.232-241, 1990.

SUDMAN, S. BRADBURN, N. M.; SCHWARZ, N. *Thinking About Answers The Application of Cognitive Process to Survey Methodology*. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1996. 304p.

TADEU, A.; PEREIRA, A.; GODINHO, L.; ANTÓNIO, J. Prediction of airborne sound and impact sound insulation provided by single and multilayer systems using analytical expressions. *Applied Acoustics*, v. 68, pp. 17-42, 2007.

TOURANGEAU, R.; SMITH, T. W. Asking Sensitive Questions: The Impact of Data Collection Mode, Question Format, and Question Context. *The Public Opinion Quarterly*, v. 60, n. 2, pp. 275-304, 1996.

UTLEY, W. A.; CAPPELEN, P. The Sound Insulation of Wood Joist Floors on Timber Frame Constructions. *Applied Acoustics*, v. 11, 1978.

VIGRAN, T. E. *Building Acoustics*. New York: Taylor & Francis, 2008. 362p.

WARD, F. L.; RANDALL, K. E. Investigation of the Sound Isolation of Concrete Slab Floors. *Journal of Sound and Vibration*, v. 3, pp. 205-215, 1966.

ZHANG, M.; KANG, J.; JIAO, F. A Social Survey on the Noise Impact in Open-plan Working environments in China. *Science of the Total Environment*, v. 483, pp. 517-526, 2012.

ANEXOS

ANEXO A - Plantas dos ambientes emissores e receptores ensaiados e Cortes dos pisos ensaiados para cada edificação (conforme ISO 140-7: 1998)

ANEXO B - Gráficos das medições de ruído de impacto de piso - índices $L'_{nT,w}$ e $L'_{n,w}$ (conforme ISO 140-7: 1998 e ISO 717-2: 1996)

ANEXO C - Fotos dos ambientes emissores e receptores ensaiados para cada edificação (conforme ISO 140-7: 1998)

ANEXO D - Questionário aplicado para avaliação do nível de insatisfação do ruído de impacto de piso (Metodologia *Survey*)

ANEXO E - Folheto Explicativo da Pesquisa e Carta aos Moradores distribuídos nos edifícios ensaiados

ANEXO F - Certificados de calibração dos equipamentos utilizados nas medições

ANEXO A

Plantas dos ambientes emissores e receptores ensaiados e Cortes dos pisos ensaiados para cada edificação (conforme ISO 140-7: 1998)

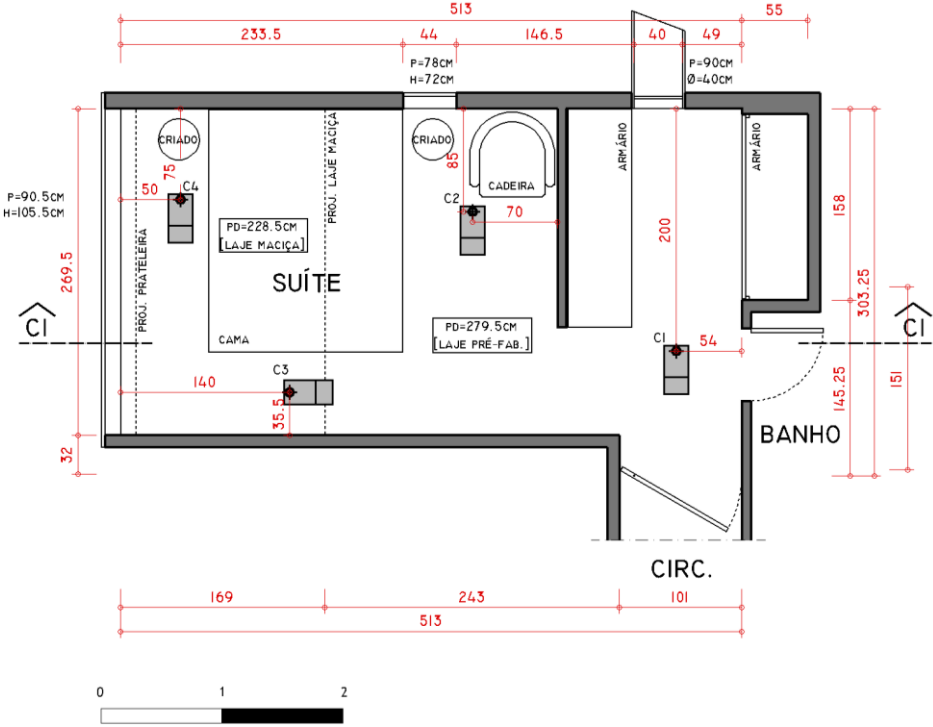


Figura A.1 - Planta ambiente emissor (pavto. superior) - Ensaio 1

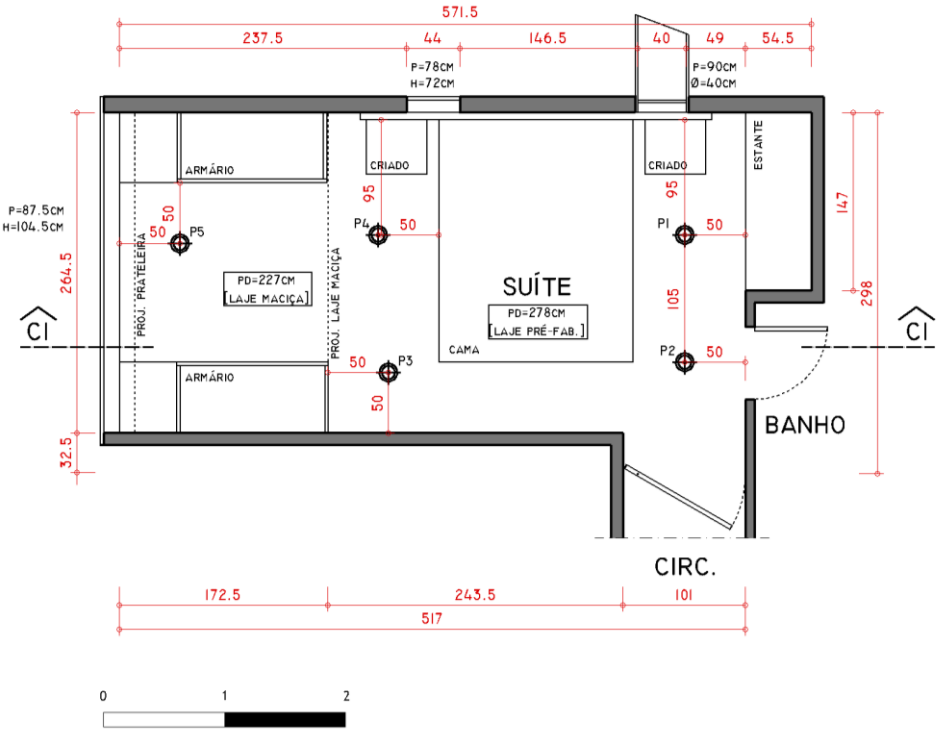


Figura A.2 - Planta ambiente receptor (pavto. inferior) - Ensaio 1

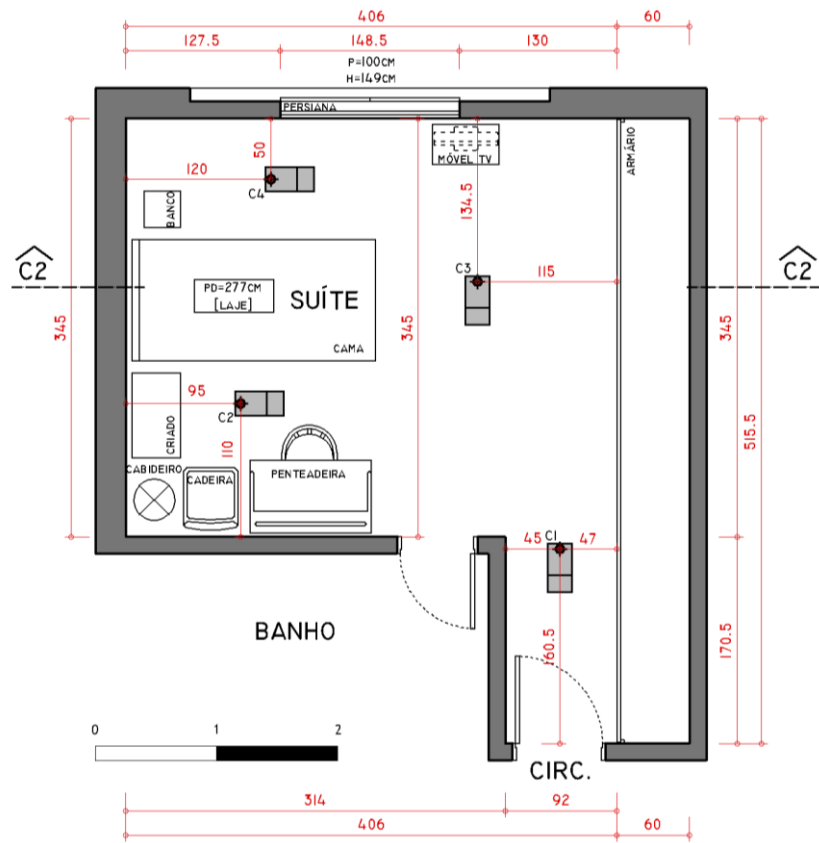


Figura A.3 - Planta ambiente emissor (pavto. superior) - Ensaio 2

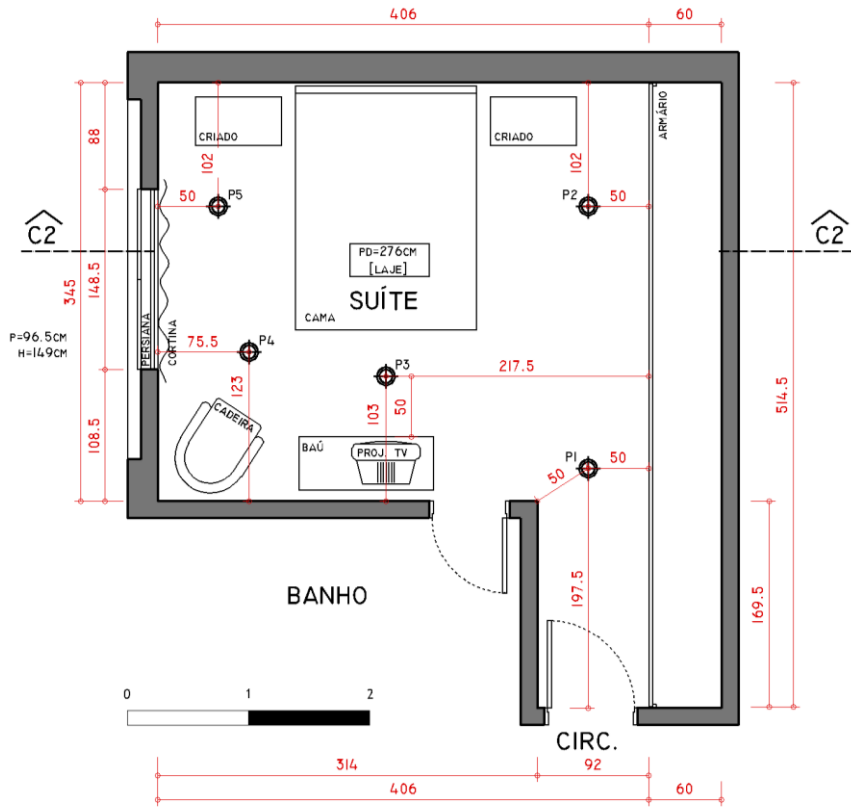


Figura A.4 - Planta ambiente receptor (pavto. inferior) - Ensaio 2

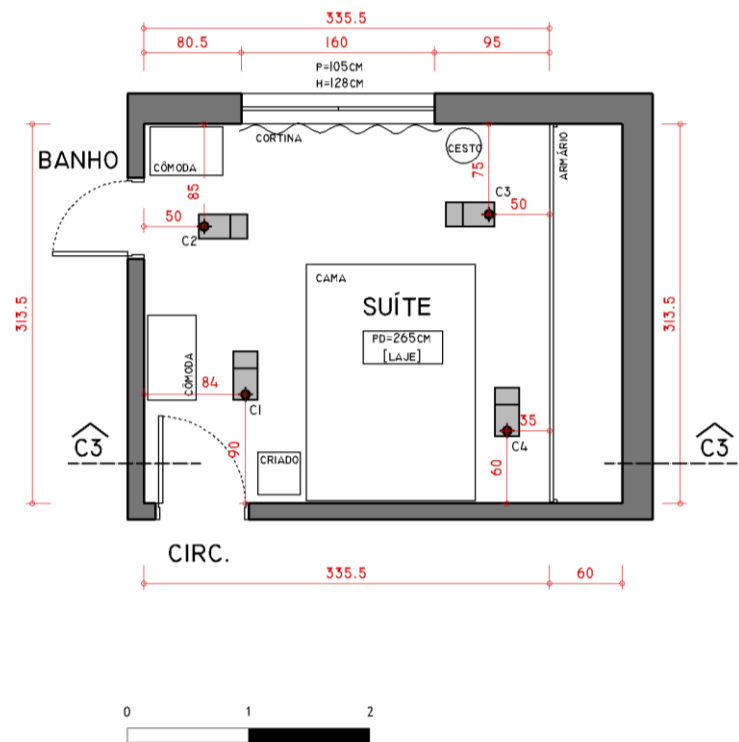


Figura A.5 - Planta ambiente emissor (pavto. superior) - Ensaio 3

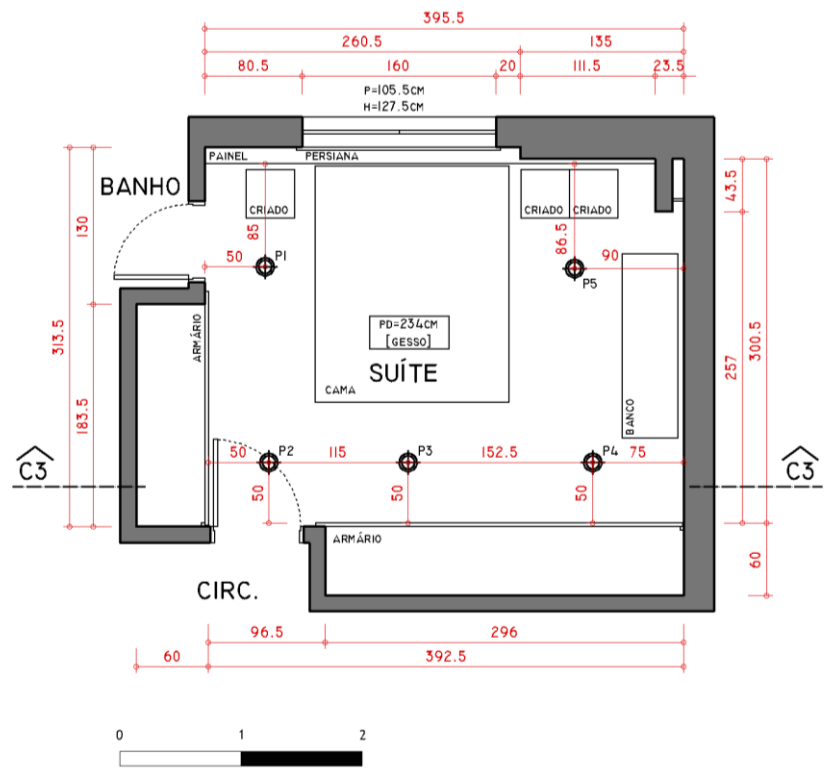


Figura A.6 - Planta ambiente receptor (pavto. inferior) - Ensaio 3

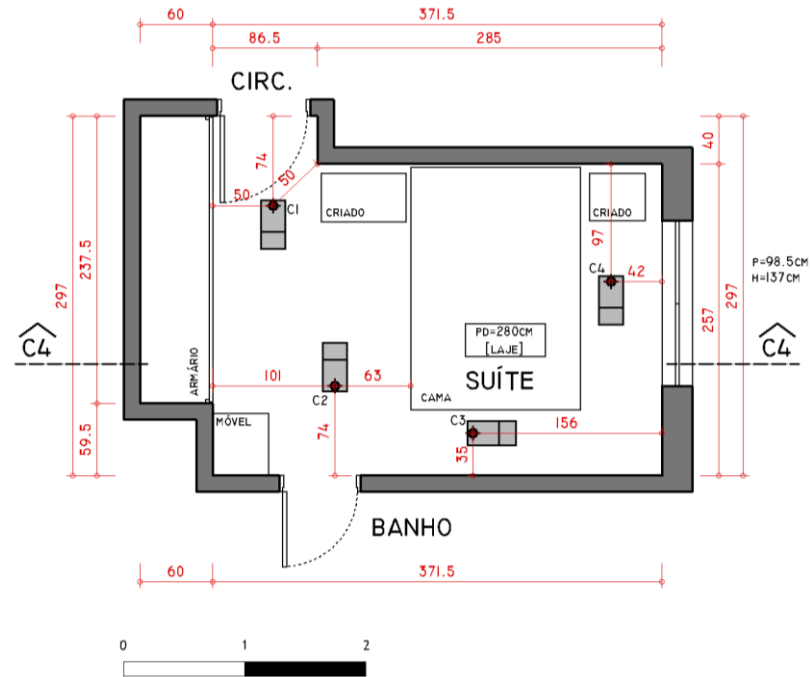


Figura A.7 - Planta ambiente emissor (pavto. superior) - Ensaio 4

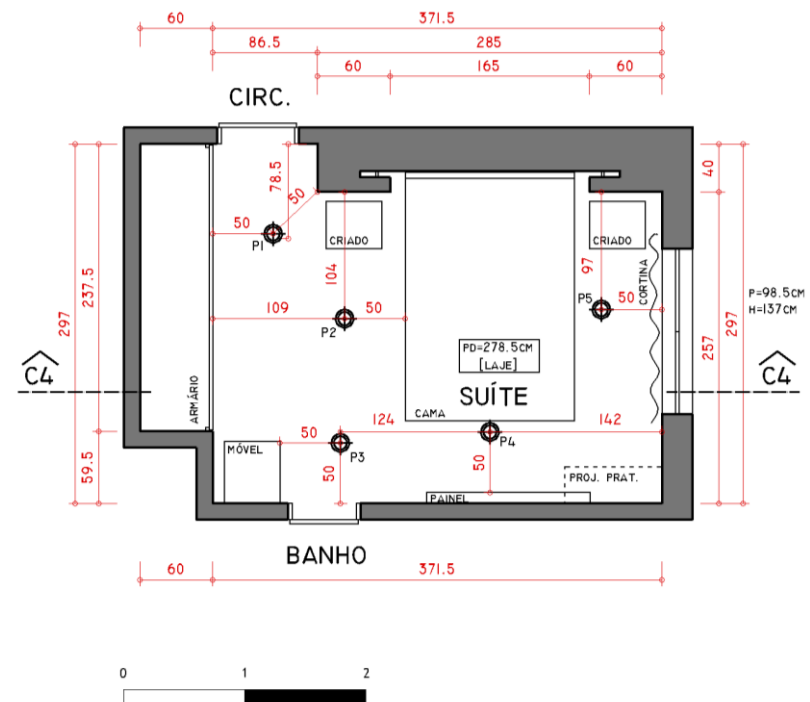


Figura A.8 - Planta ambiente receptor (pavto. inferior) - Ensaio 4

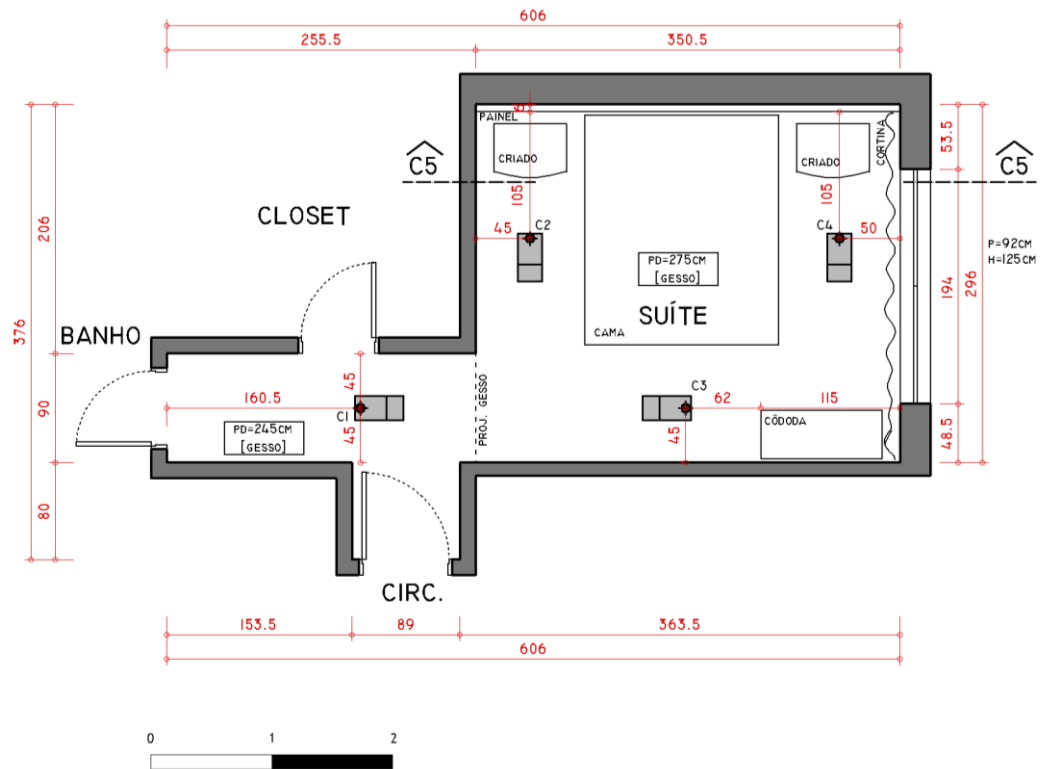


Figura A.9 - Planta ambiente emissor (pavto. superior) - Ensaio 5

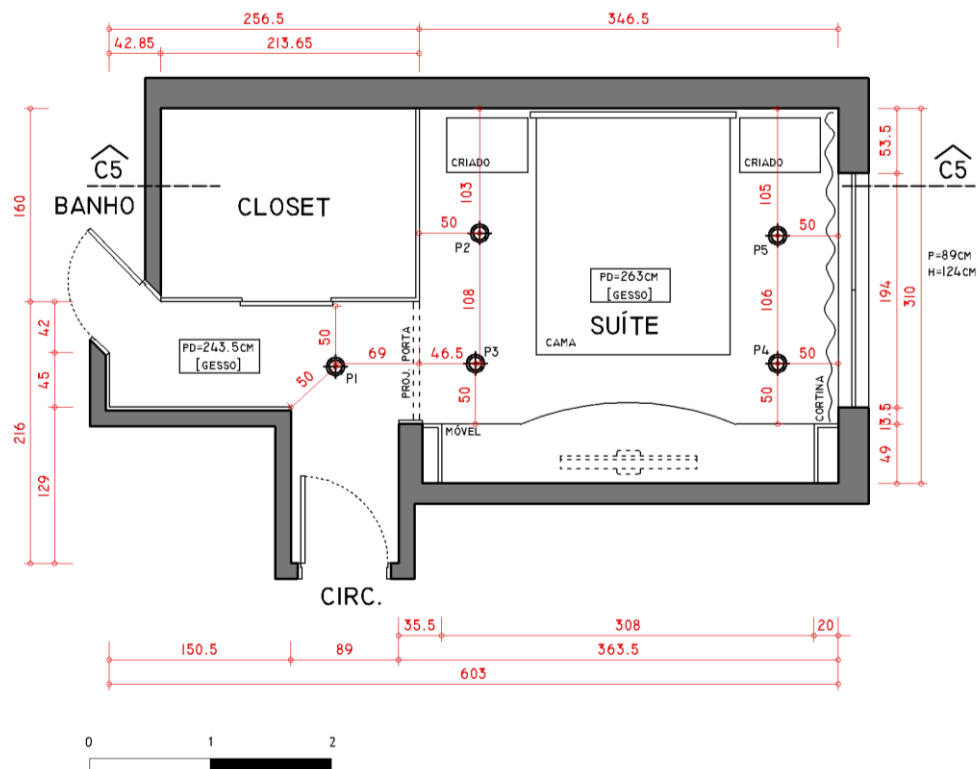


Figura A.10 - Planta ambiente receptor (pavto. inferior) - Ensaio 5

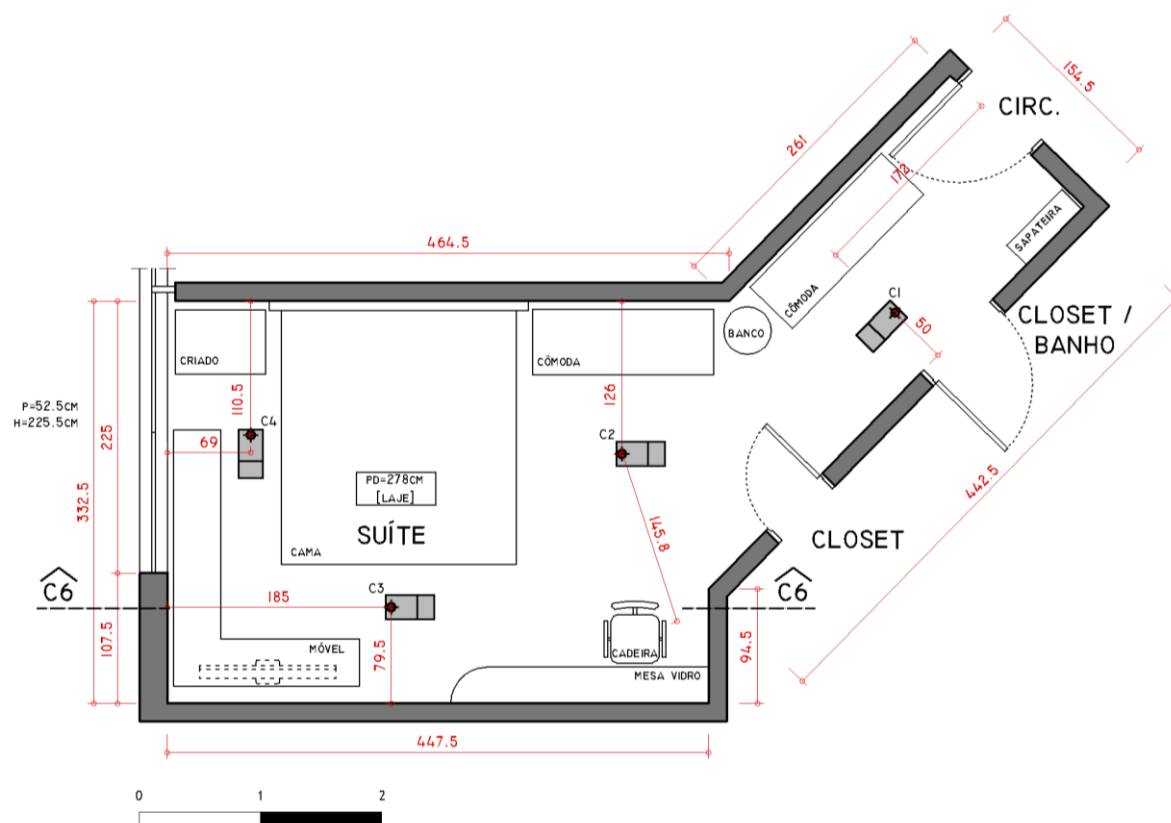


Figura A.11 - Planta ambiente emissor (pavto. superior) - Ensaio 6

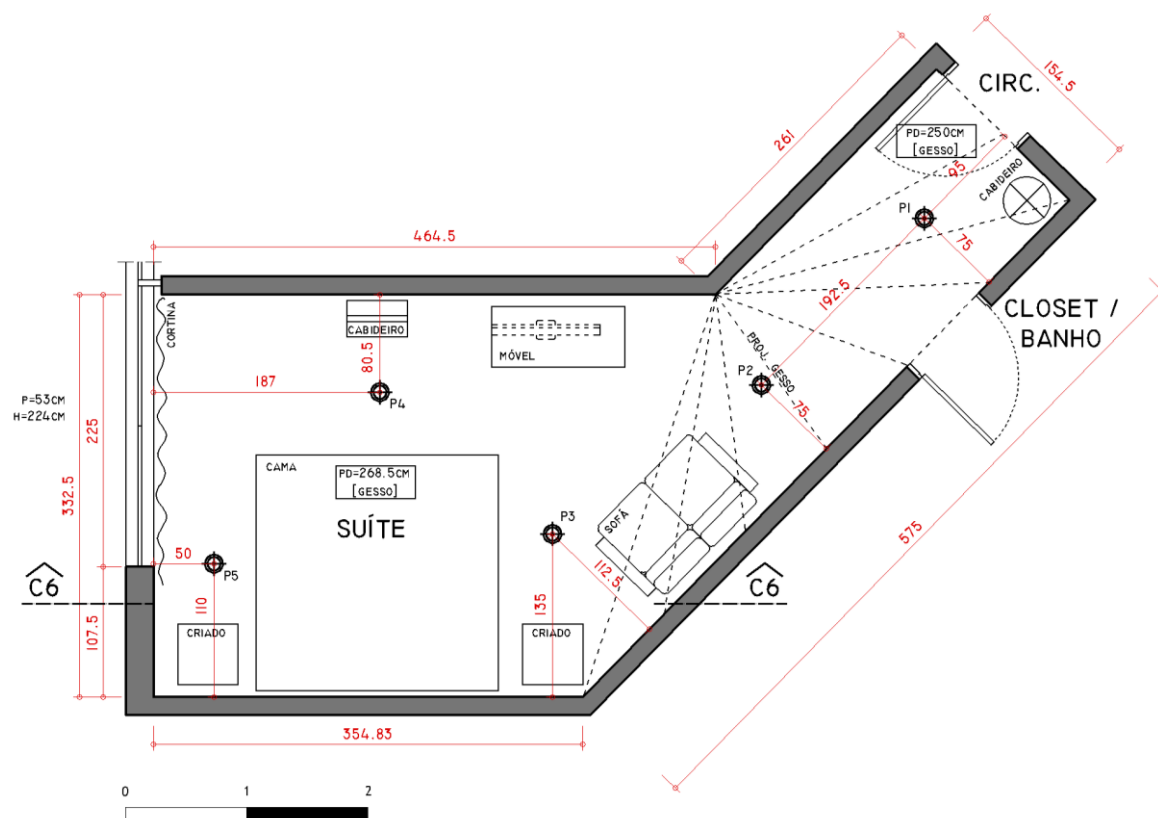


Figura A.12 - Planta ambiente receptor (pavto. inferior) - Ensaio 6

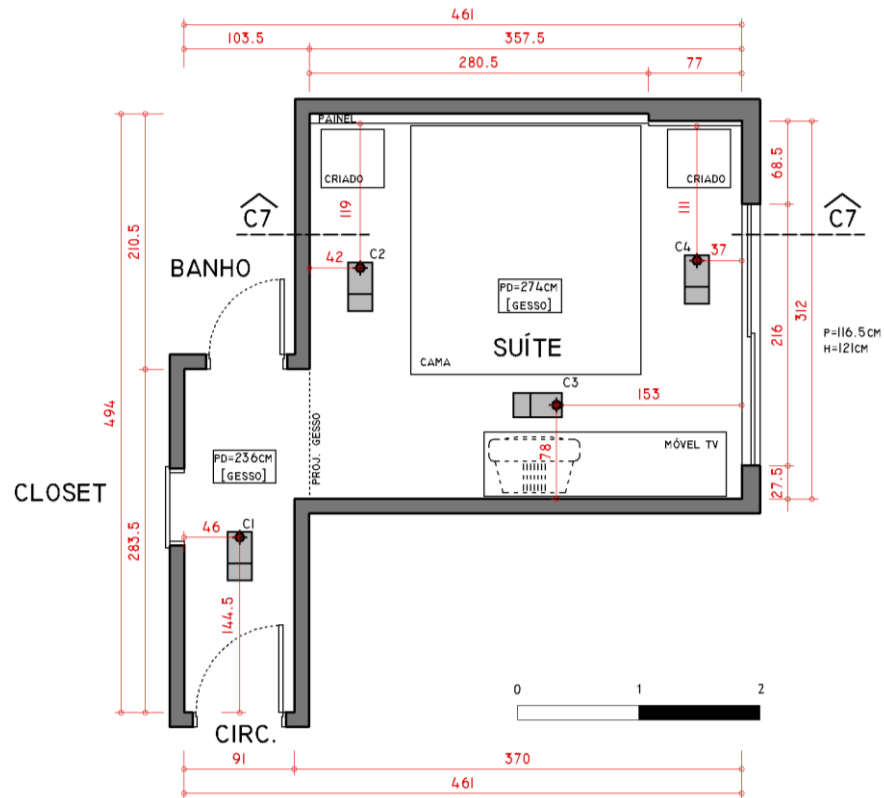


Figura A.13 - Planta ambiente emissor (pavto. superior) - Ensaio 7

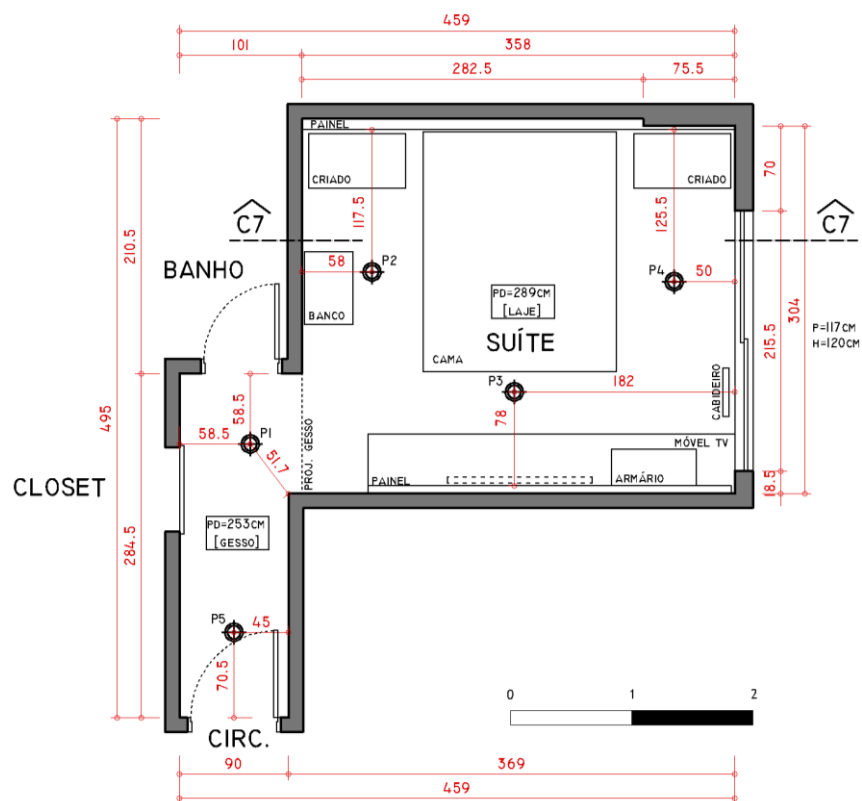


Figura A.14 - Planta ambiente receptor (pavto. inferior) - Ensaio 7

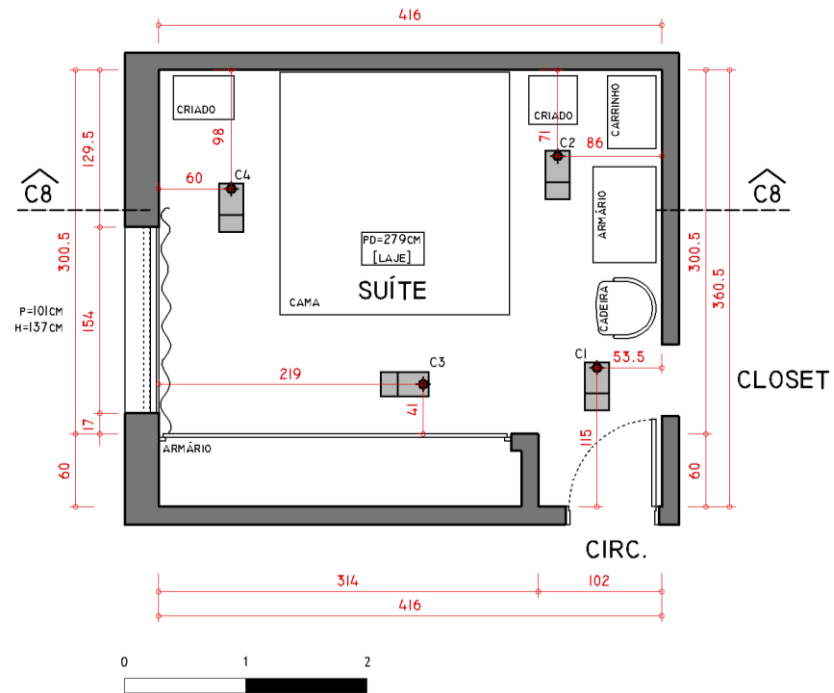


Figura A.15 - Planta ambiente emissor (pavto. superior) - Ensaio 8

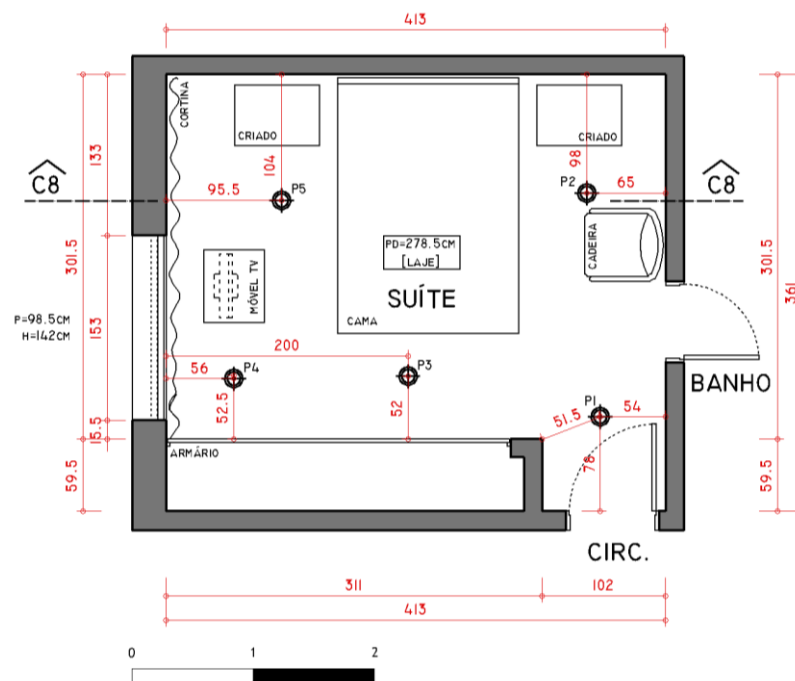


Figura A.16 - Planta ambiente receptor (pavto. inferior) - Ensaio 8

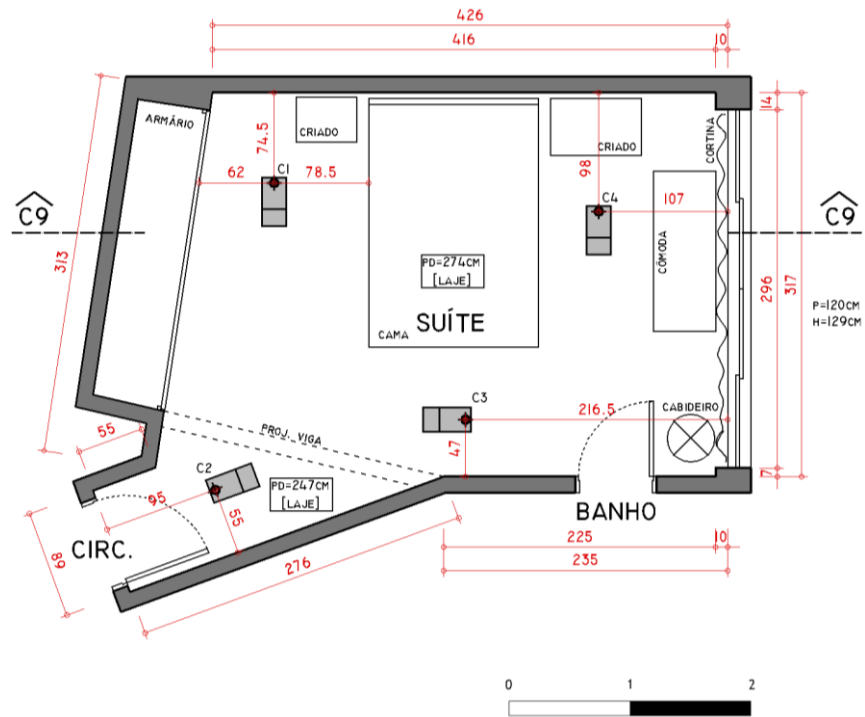


Figura A.17 - Planta ambiente emissor (pavto. superior) - Ensaio 9

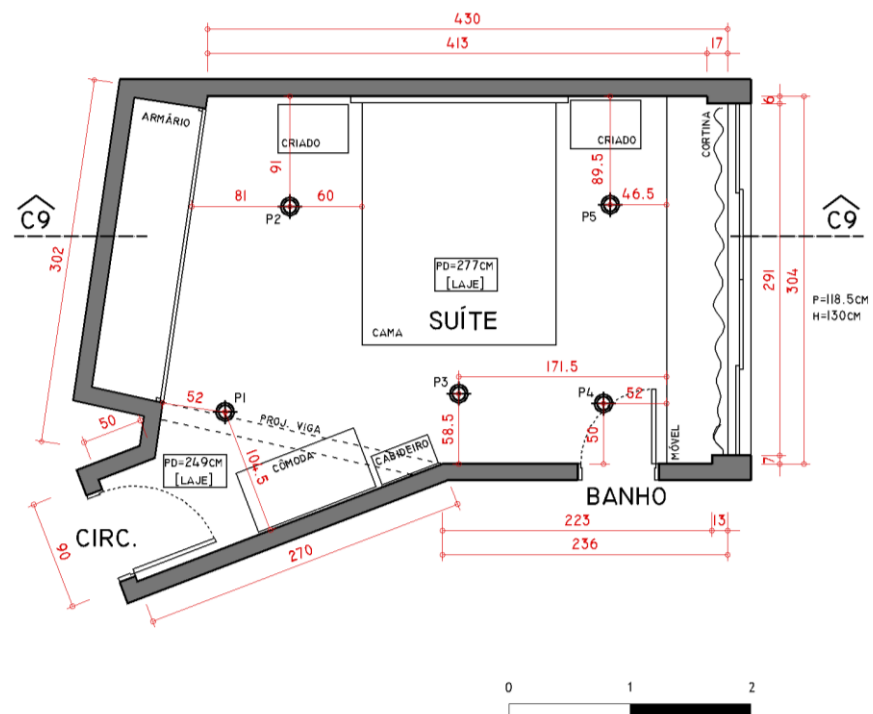


Figura A.18 - Planta ambiente receptor (pavto. inferior) - Ensaio 9

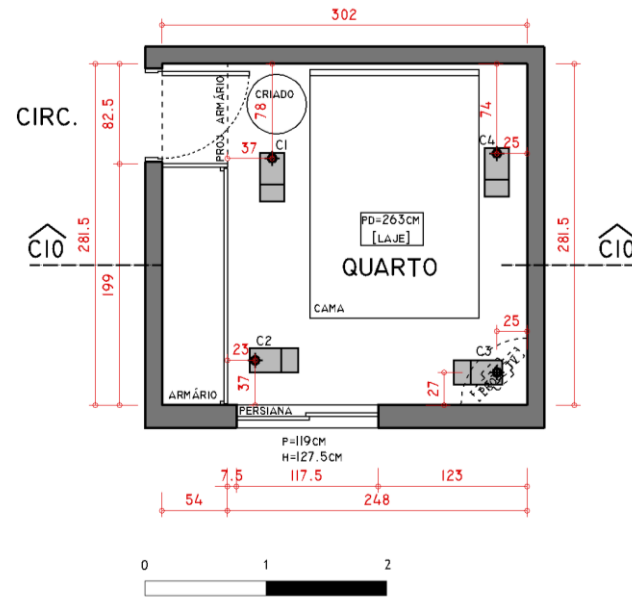


Figura A.19 - Planta ambiente emissor (pavto. superior) - Ensaio 10

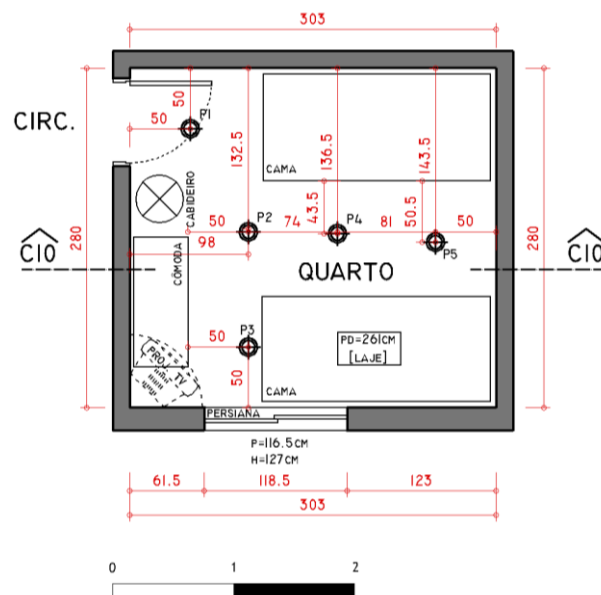


Figura A.20 - Planta ambiente receptor (pavto. inferior) - Ensaio 10

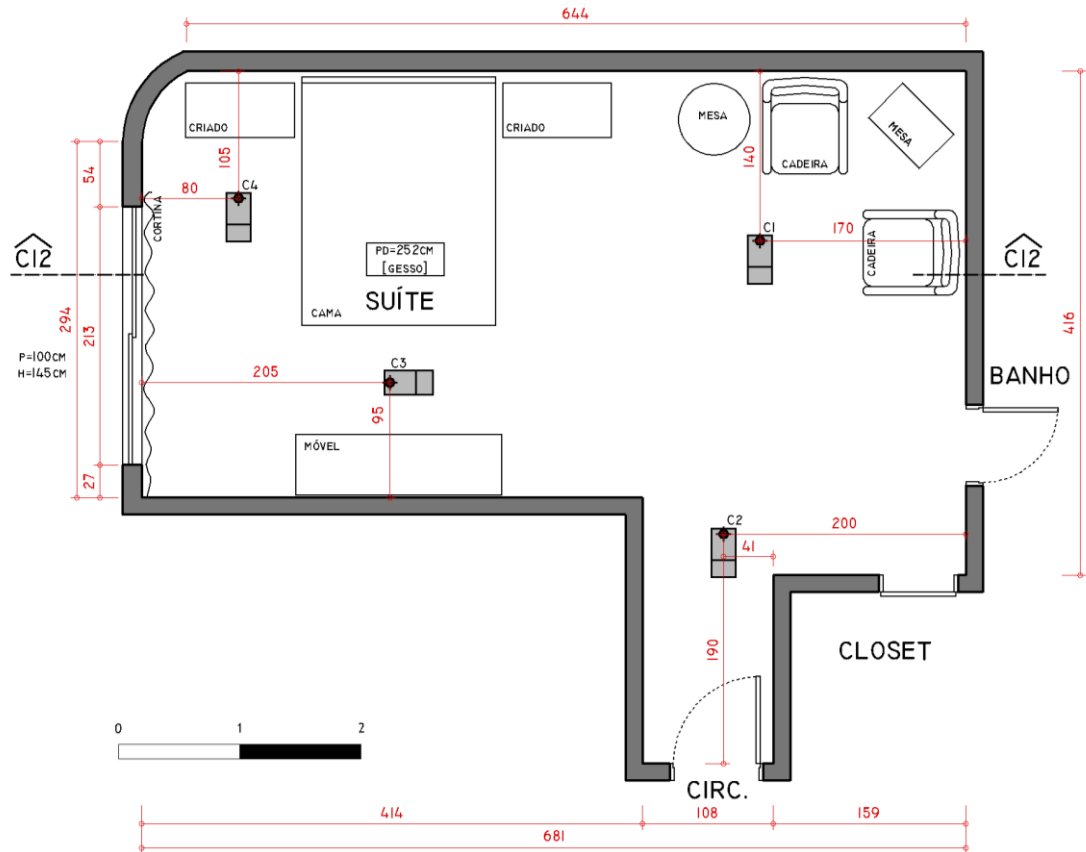


Figura A.23 - Planta ambiente emissor (pavto. superior) - Ensaio 12

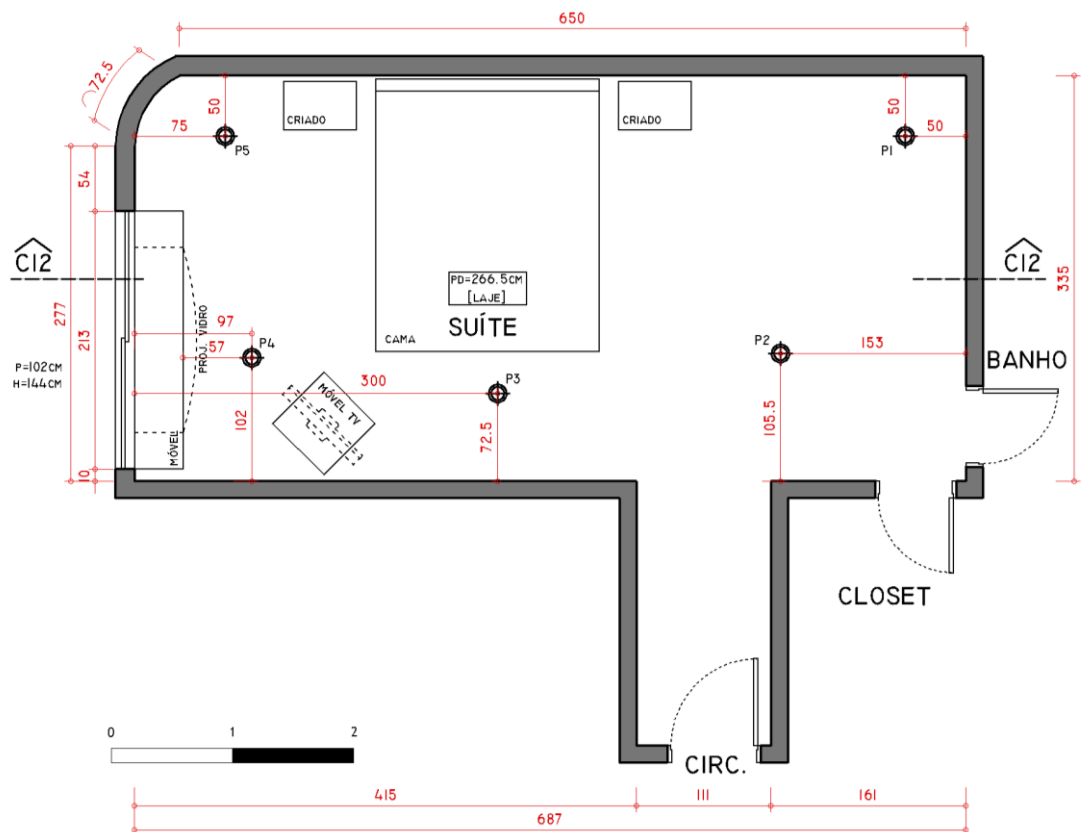


Figura A.24 - Planta ambiente receptor (pavto. inferior) - Ensaio 12

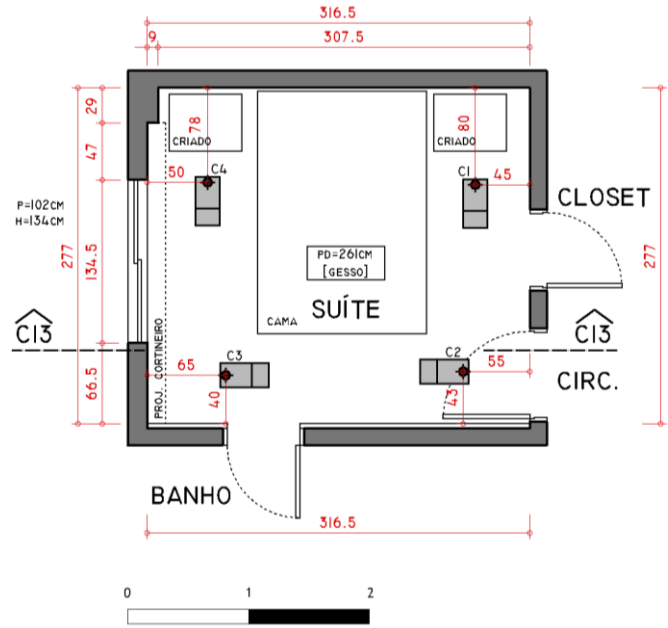


Figura A.25 - Planta ambiente emissor (pavto. superior) - Ensaio 13

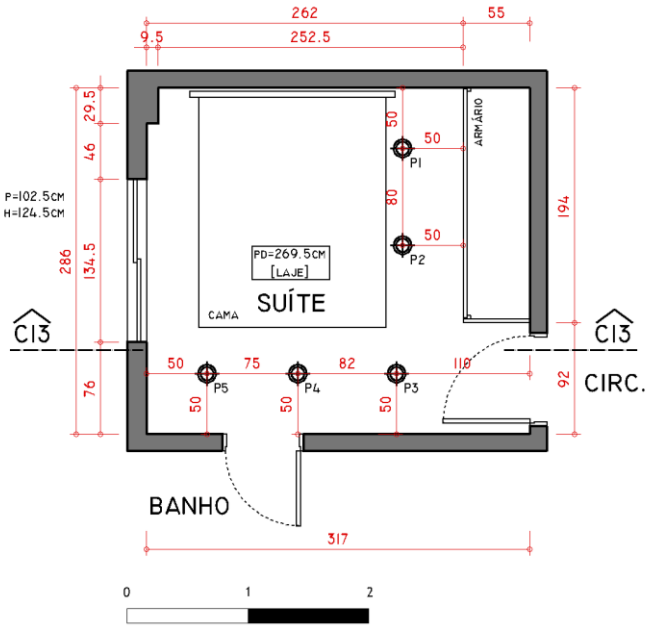


Figura A.26 - Planta ambiente receptor (pavto. inferior) - Ensaio 13

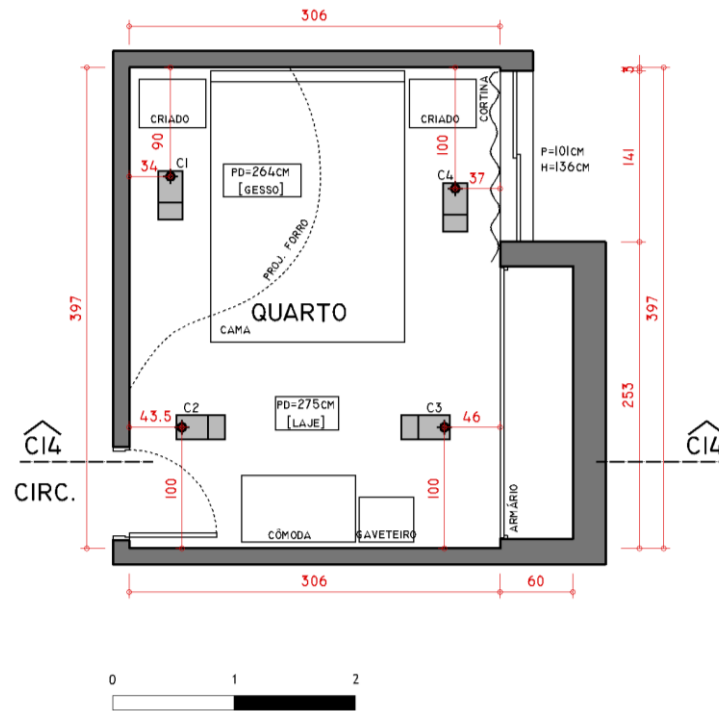


Figura A.27 - Planta ambiente emissor (pavto. superior) - Ensaio 14

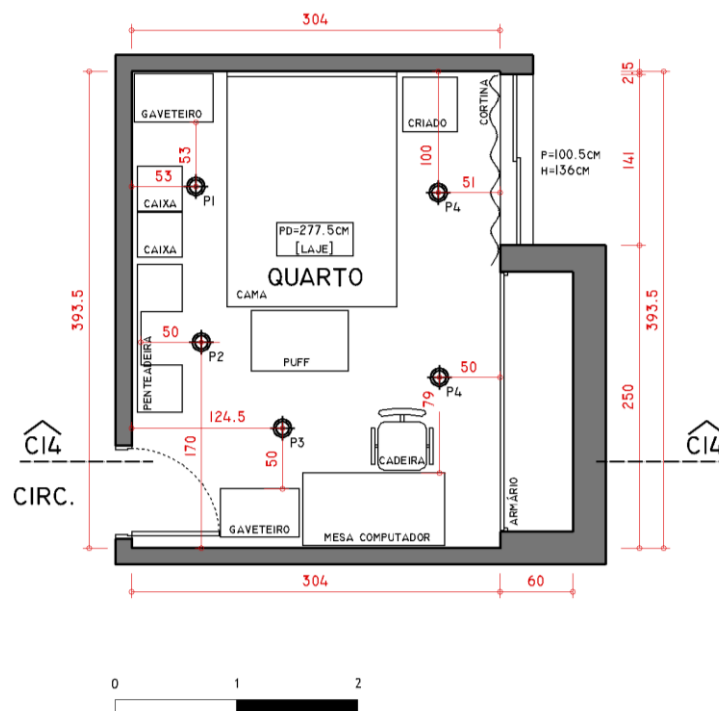


Figura A.28 - Planta ambiente receptor (pavto. inferior) - Ensaio 14

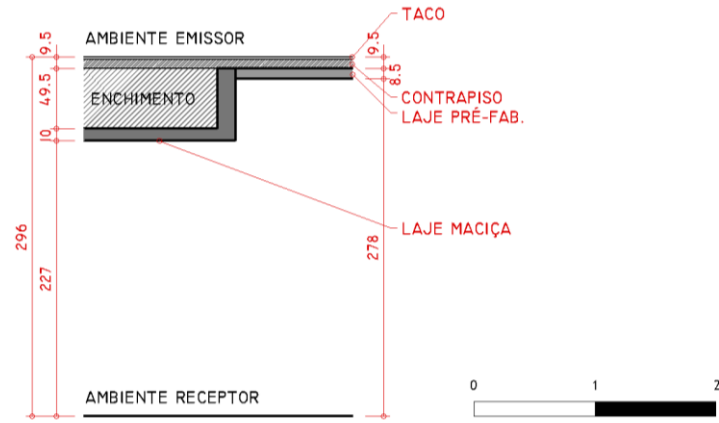


Figura A.29 - Corte C1 - Ensaio 1

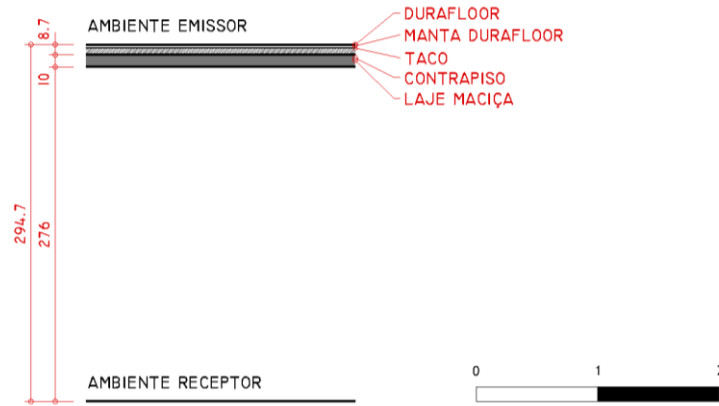


Figura A.30 - Corte C2 - Ensaio 2

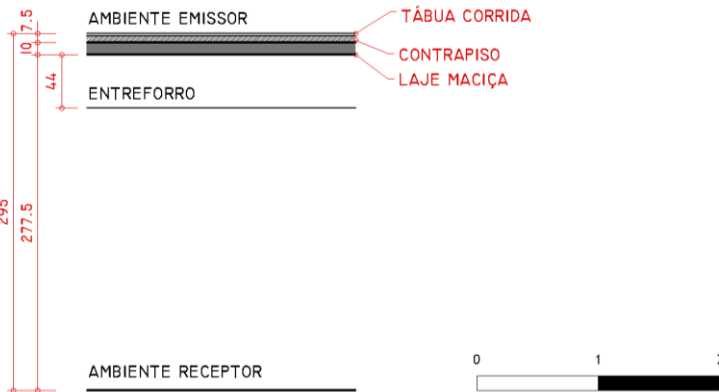


Figura A.31 - Corte C2 - Ensaio 3

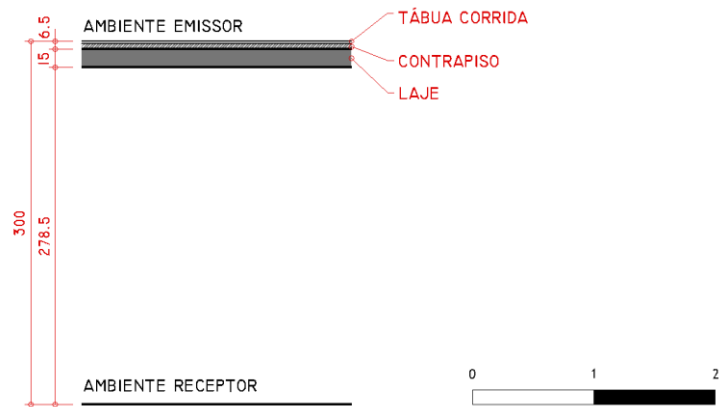


Figura A.32 - Corte C2 - Ensaio 4

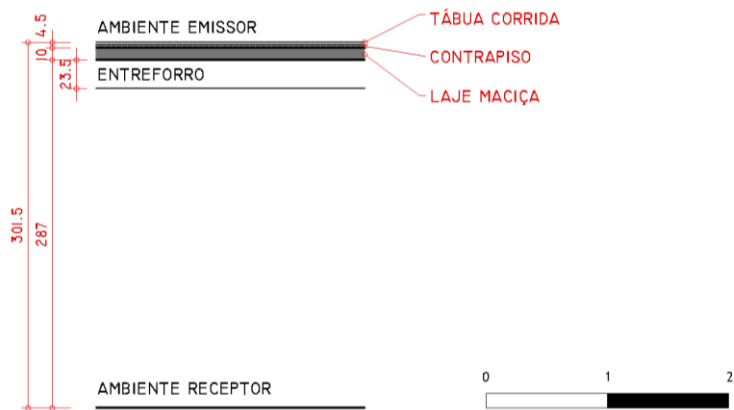


Figura A.33 - Corte C2 - Ensaio 5

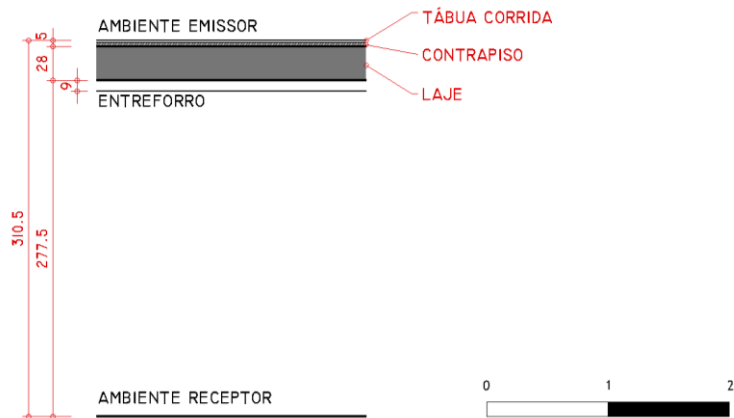


Figura A.34 - Corte C2 - Ensaio 6

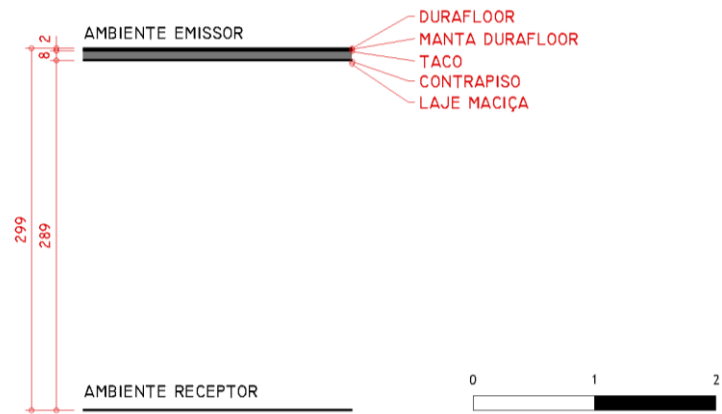


Figura A.35 - Corte C2 - Ensaio 7

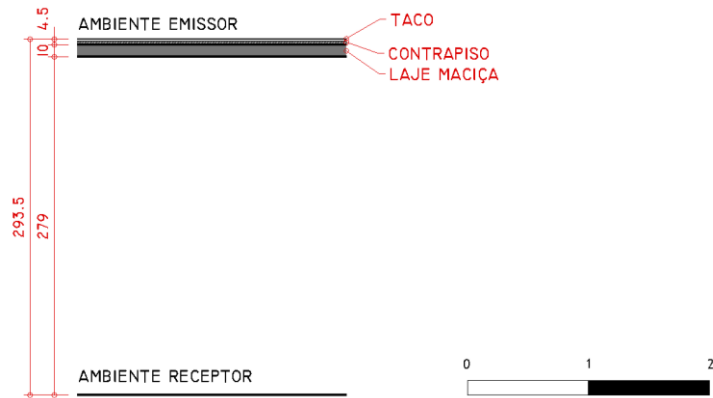


Figura A.36 - Corte C2 - Ensaio 8

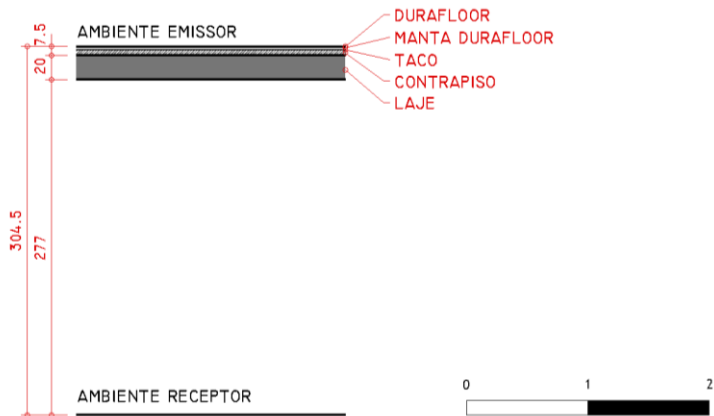


Figura A.37 - Corte C2 - Ensaio 9

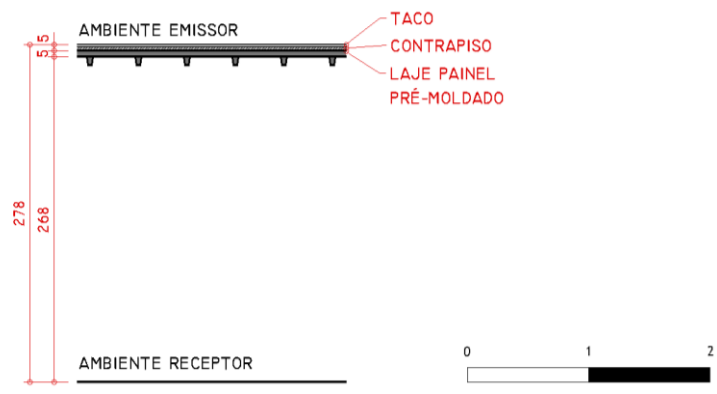


Figura A.38 - Corte C2 - Ensaio 10

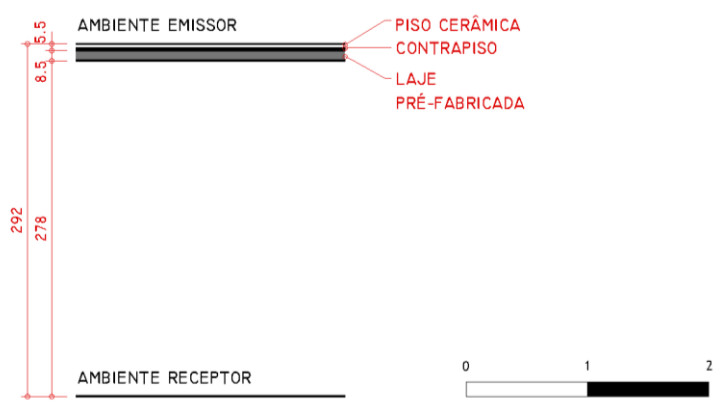


Figura A.39 - Corte C2 - Ensaio 11

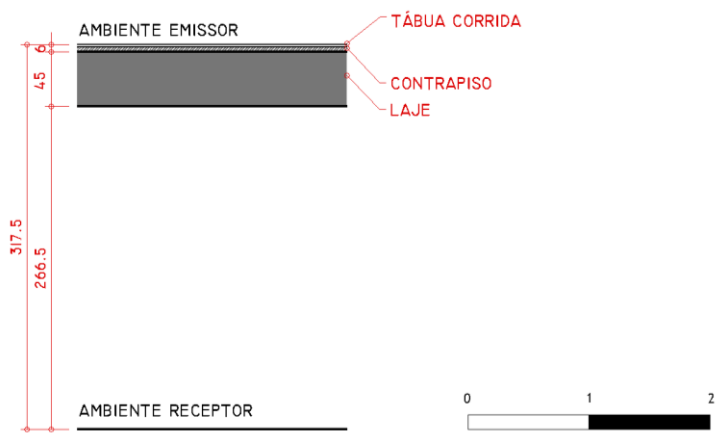


Figura A.40 - Corte C2 - Ensaio 12

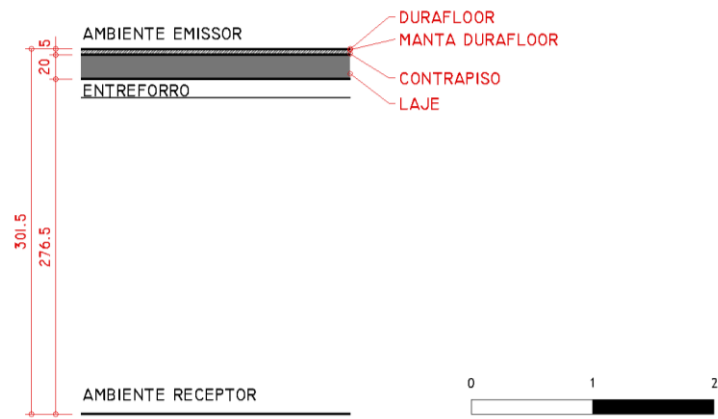


Figura A.41 - Corte C2 - Ensaio 13

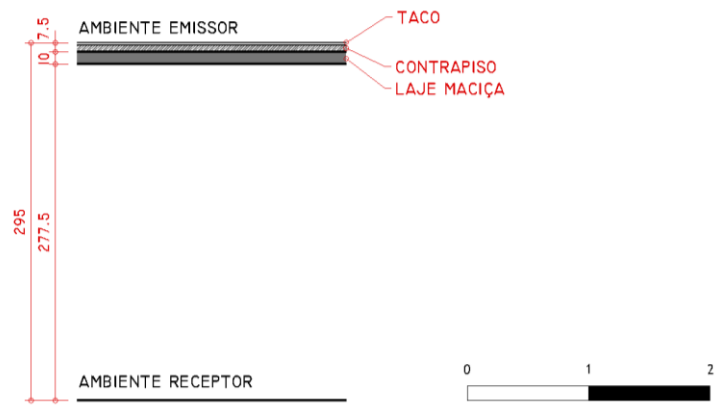


Figura A.42 - Corte C2 - Ensaio 14

ANEXO B

Gráficos das medições de ruído de impacto de piso - índices $L'_{nT,w}$ e $L'_{n,w}$ (conforme ISO 140-7: 1998 e ISO 717-2: 1996)

Tabela B.1 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{nT,w}$ - Ensaio 1

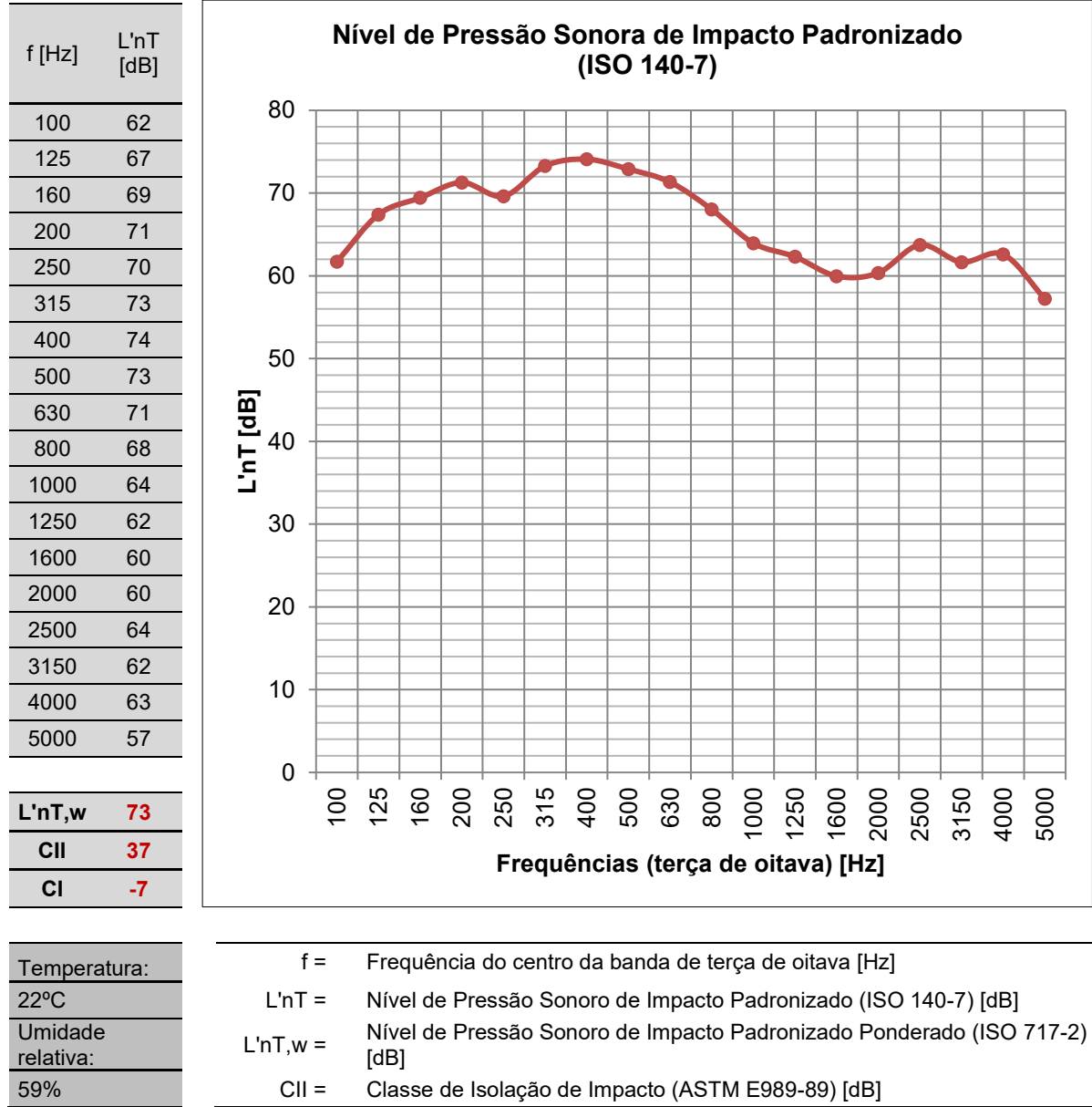
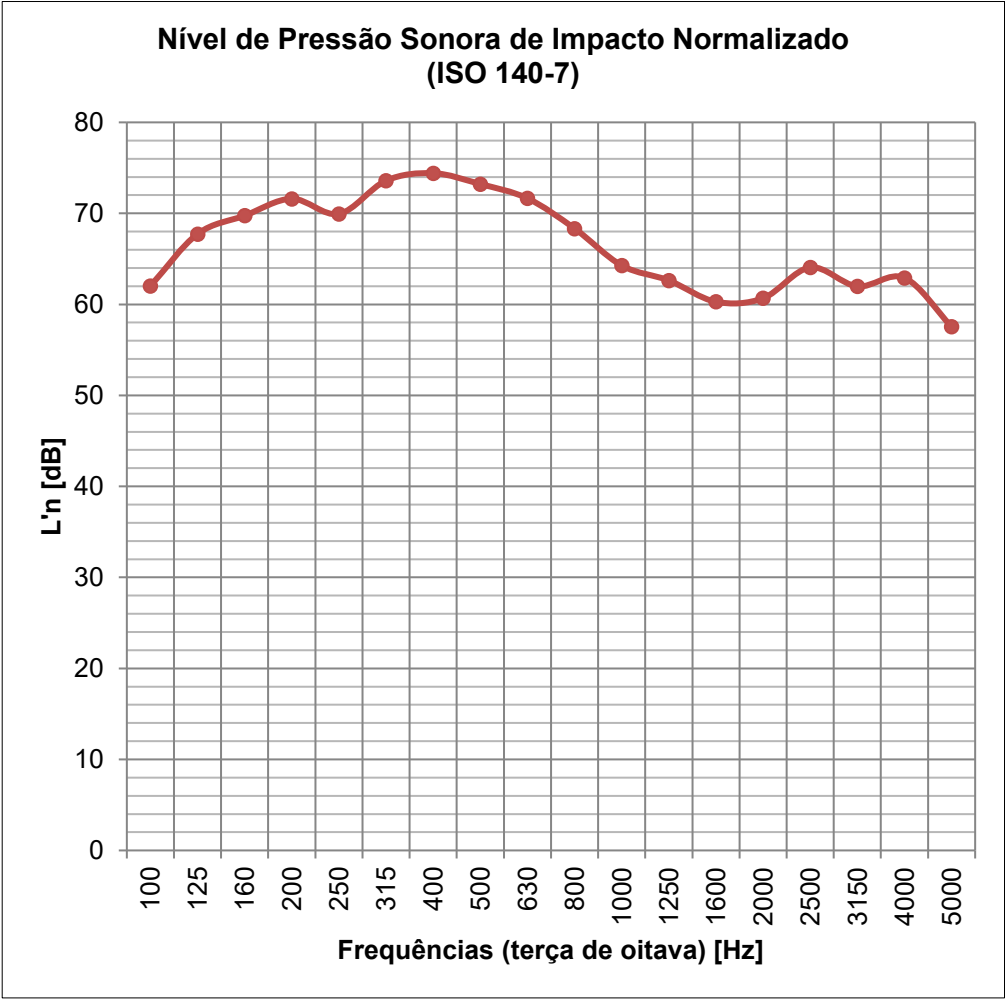


Tabela B.2 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{n,w}$ - Ensaio 1

f [Hz]	L'n [dB]
100	62
125	68
160	70
200	72
250	70
315	74
400	74
500	73
630	72
800	68
1000	64
1250	63
1600	60
2000	61
2500	64
3150	62
4000	63
5000	58

L'n,w	74
CII	36
CI	-7



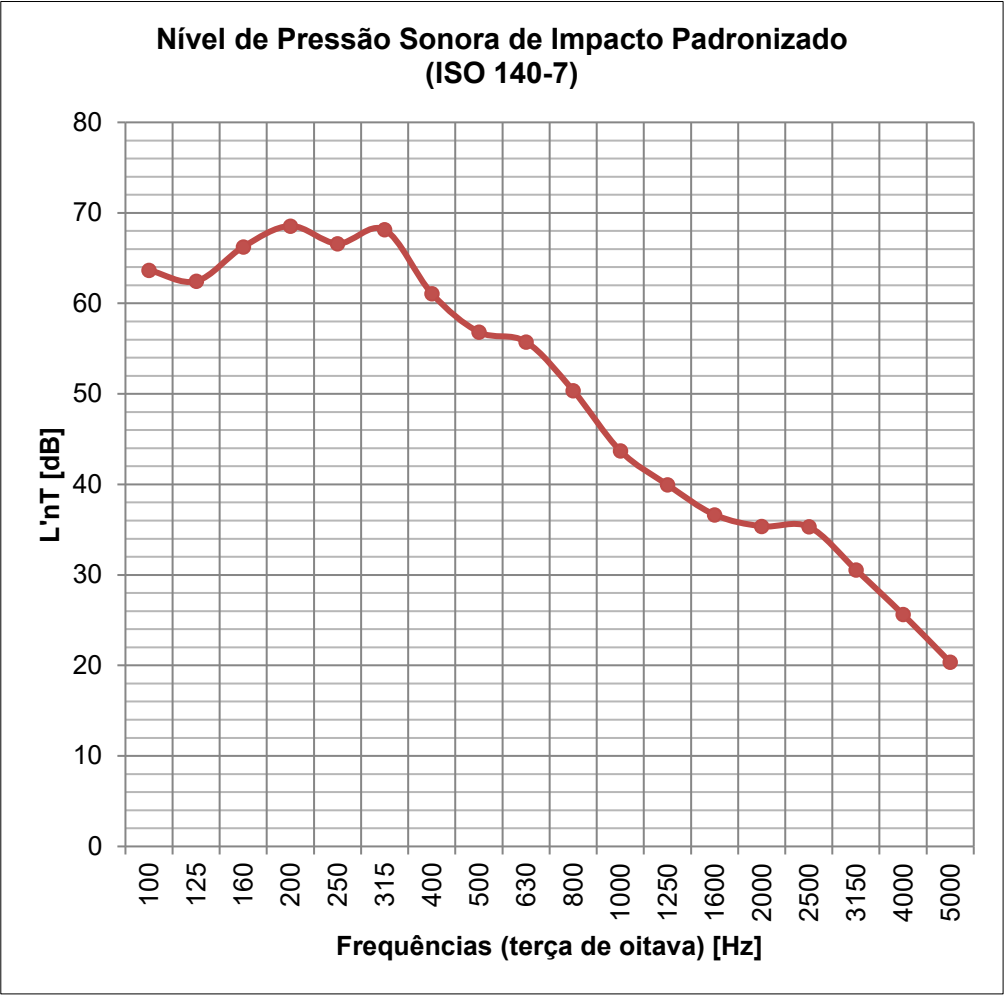
Temperatura:
22°C
Umidade relativa:
59%

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'n =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado (ISO 140-7) [dB]
L'n,w =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.3 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{nT,w}$ - Ensaio 2

f [Hz]	L'nT [dB]
100	64
125	62
160	66
200	69
250	67
315	68
400	61
500	57
630	56
800	50
1000	44
1250	40
1600	37
2000	35
2500	35
3150	31
4000	26
5000	20

L'nT,w	59
CII	51
CI	1



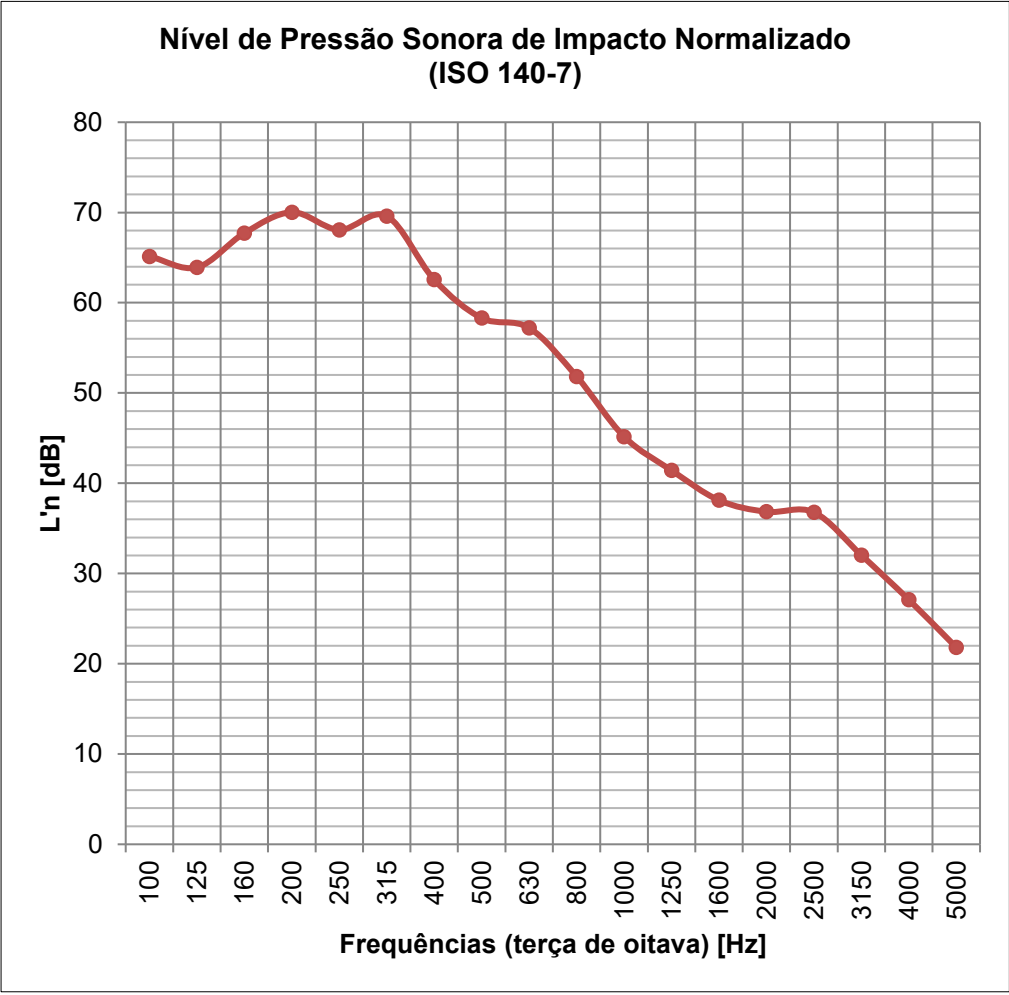
Temperatura:	
25°C	
Umidade relativa:	
35%	

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'nT =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Padronizado (ISO 140-7) [dB]
L'nT,w =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Padronizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.4 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{n,w}$ - Ensaio 2

f [Hz]	L'n [dB]
100	65
125	64
160	68
200	70
250	68
315	70
400	63
500	58
630	57
800	52
1000	45
1250	41
1600	38
2000	37
2500	37
3150	32
4000	27
5000	22

L'n,w	61
CII	49
CI	0



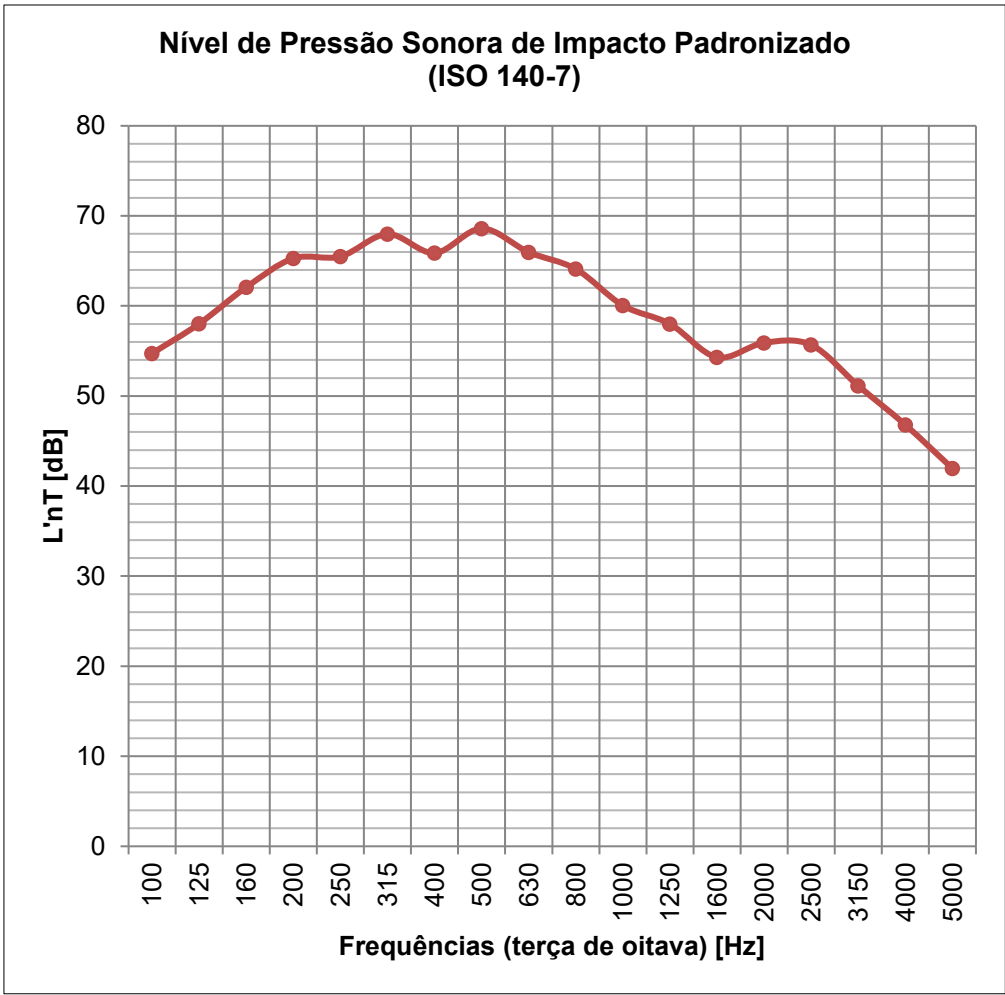
Temperatura:	
25°C	
Umidade relativa:	
35%	

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'n =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado (ISO 140-7) [dB]
L'n,w =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.5 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{nT,w}$ - Ensaio 3

f [Hz]	L'nT [dB]
100	55
125	58
160	62
200	65
250	65
315	68
400	66
500	69
630	66
800	64
1000	60
1250	58
1600	54
2000	56
2500	56
3150	51
4000	47
5000	42

L'nT,w	65
CII	45
CI	-4



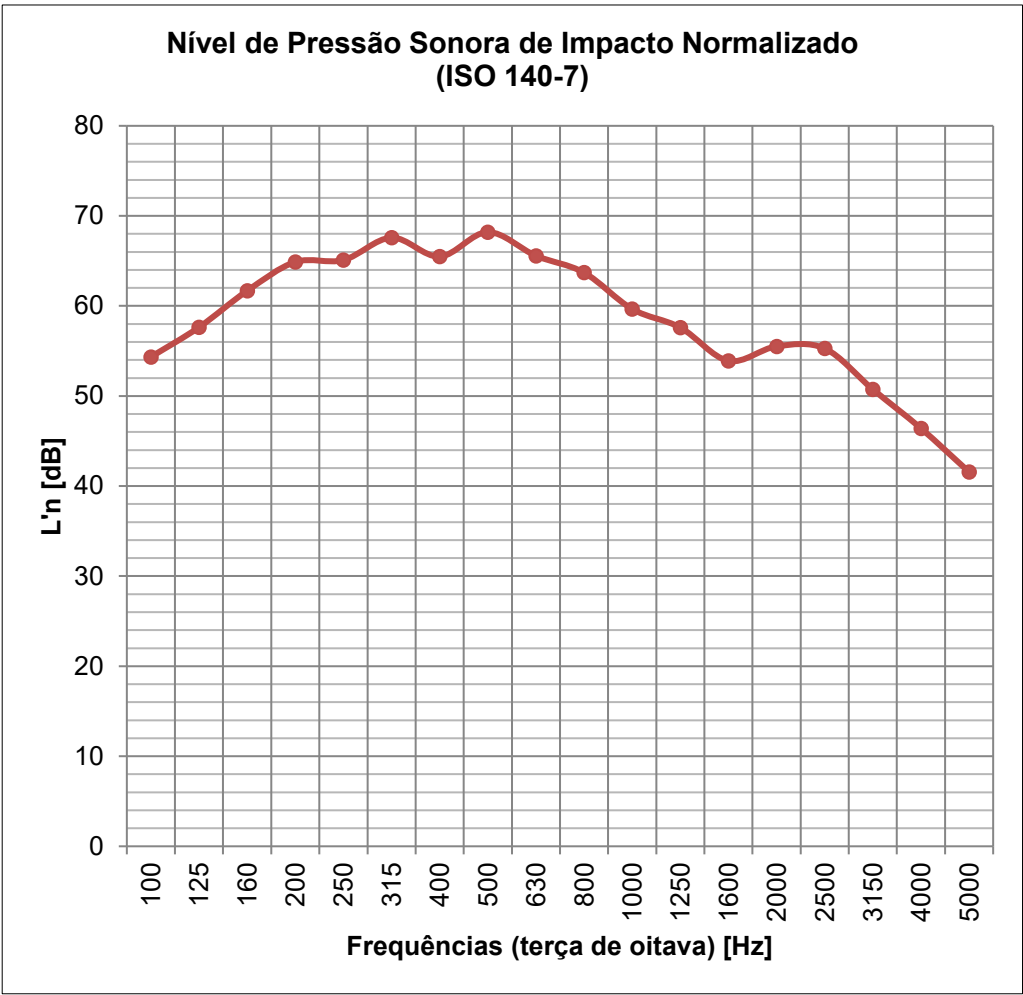
Temperatura:	
28°C	
Umidade relativa:	
39%	

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'nT =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Padronizado (ISO 140-7) [dB]
L'nT,w =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Padronizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.6 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{n,w}$ - Ensaio 3

f [Hz]	L'n [dB]
100	54
125	58
160	62
200	65
250	65
315	68
400	65
500	68
630	66
800	64
1000	60
1250	58
1600	54
2000	56
2500	55
3150	51
4000	46
5000	42

L'n,w	64
CII	46
CI	-4



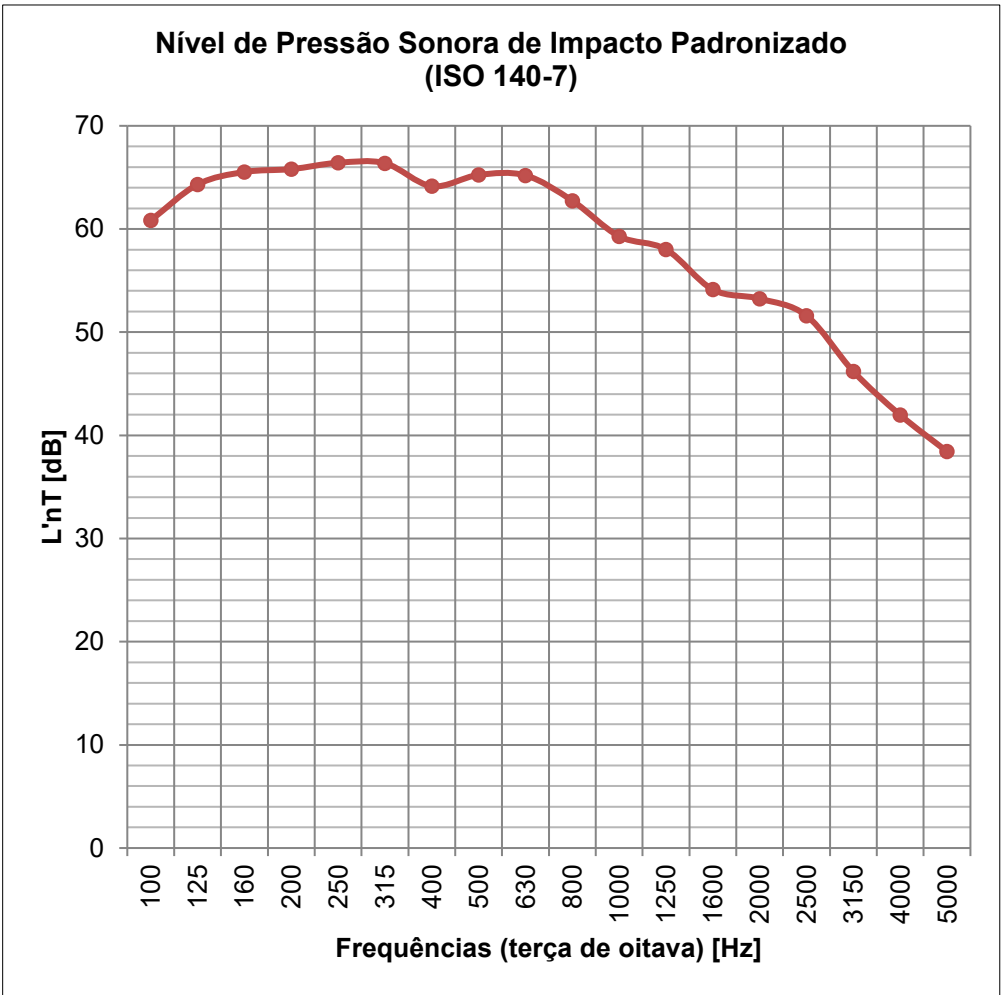
Temperatura:	28°C
Umidade relativa:	39%

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'n =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado (ISO 140-7) [dB]
L'n,w =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.7 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{nT,w}$ - Ensaio 4

f [Hz]	L'nT [dB]
100	61
125	64
160	66
200	66
250	66
315	66
400	64
500	65
630	65
800	63
1000	59
1250	58
1600	54
2000	53
2500	52
3150	46
4000	42
5000	38

L'nT,w	63
CII	47
CI	-3



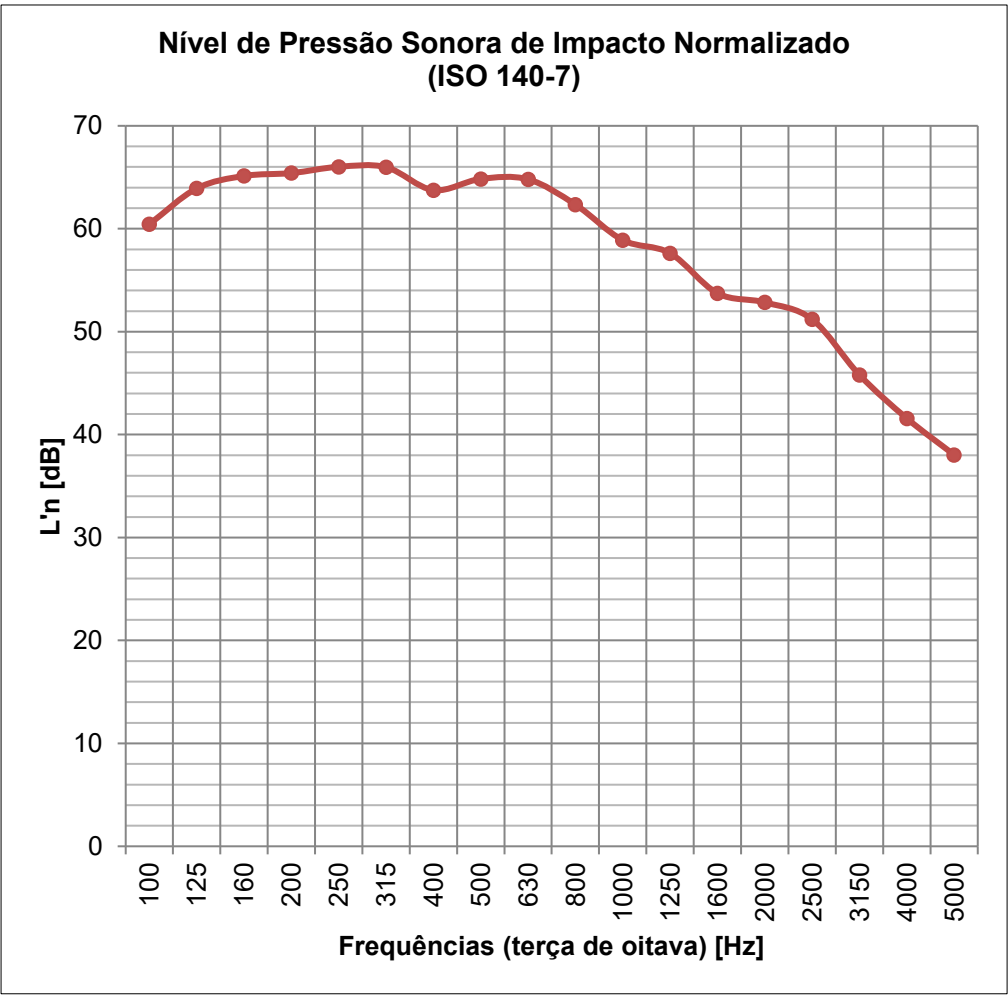
Temperatura:
30°C
Umidade relativa:
34%

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'nT =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Padronizado (ISO 140-7) [dB]
L'nT,w =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Padronizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.8 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{n,w}$ - Ensaio 4

f [Hz]	L'n [dB]
100	60
125	64
160	65
200	65
250	66
315	66
400	64
500	65
630	65
800	62
1000	59
1250	58
1600	54
2000	53
2500	51
3150	46
4000	42
5000	38

L'n,w	62
CII	48
CI	-2



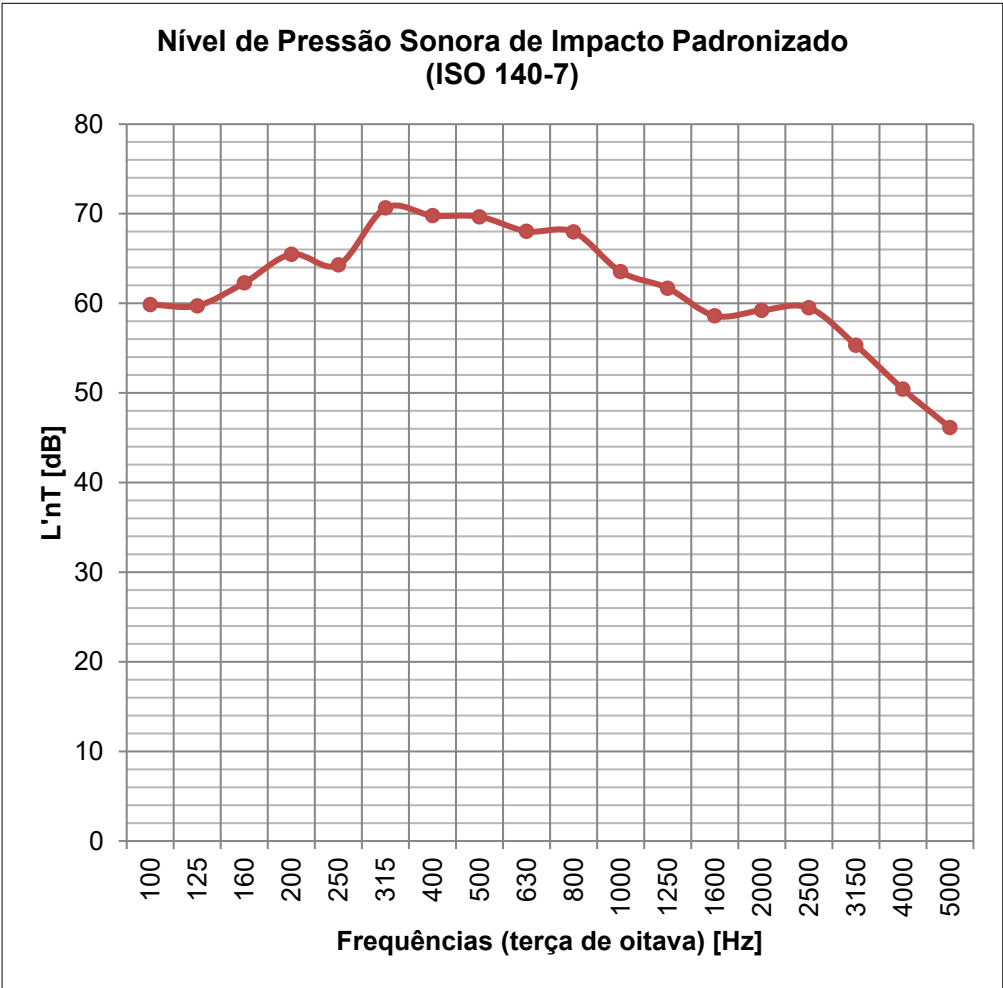
Temperatura:
30°C
Umidade relativa:
34%

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'n =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Normalizado (ISO 140-7) [dB]
L'n,w =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Normalizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.9 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{nT,w}$ - Ensaio 5

f [Hz]	L'nT [dB]
100	60
125	60
160	62
200	65
250	64
315	71
400	70
500	70
630	68
800	68
1000	64
1250	62
1600	59
2000	59
2500	60
3150	55
4000	50
5000	46

L'nT,w	68
CII	42
CI	-5



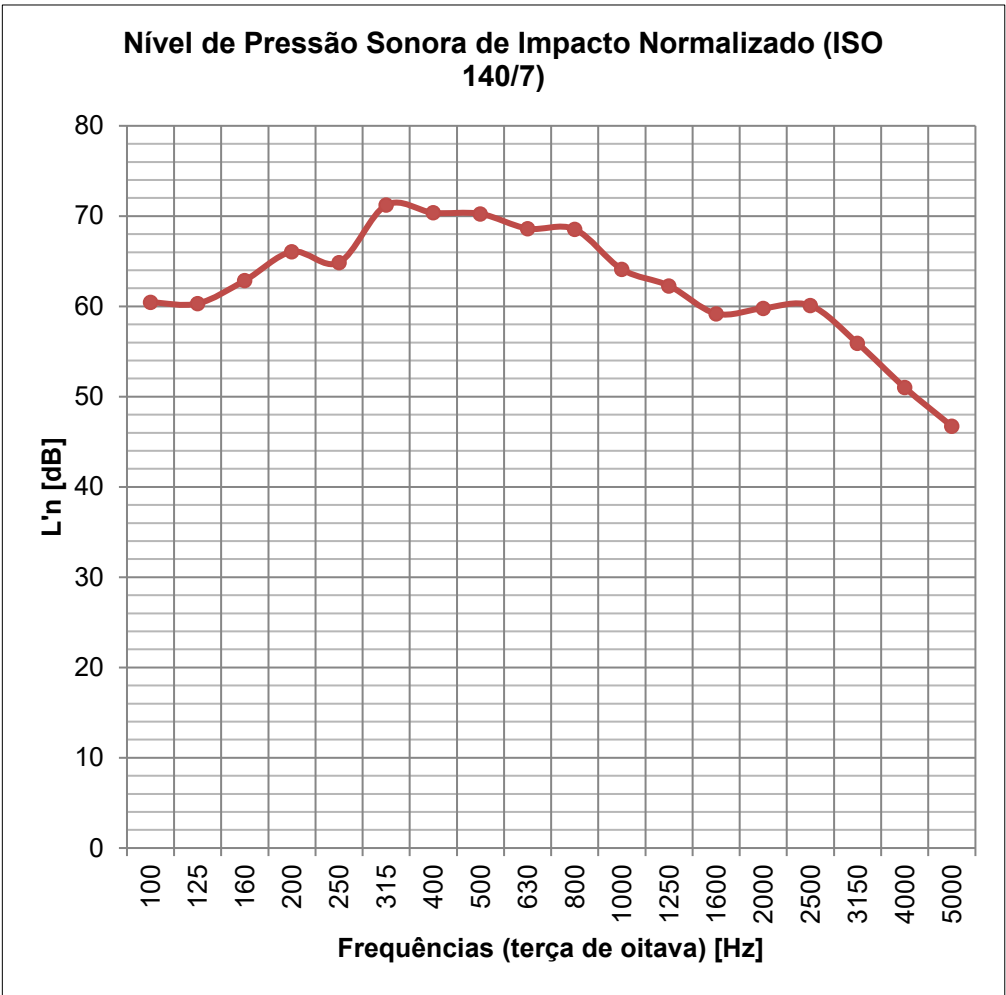
Temperatura:
33°C
Umidade relativa:
42%

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'nT =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado (ISO 140-7) [dB]
L'nT,w =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.10 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{n,w}$ - Ensaio 5

f [Hz]	L'n [dB]
100	60
125	60
160	63
200	66
250	65
315	71
400	70
500	70
630	69
800	69
1000	64
1250	62
1600	59
2000	60
2500	60
3150	56
4000	51
5000	47

L'n,w	69
CII	41
CI	-6



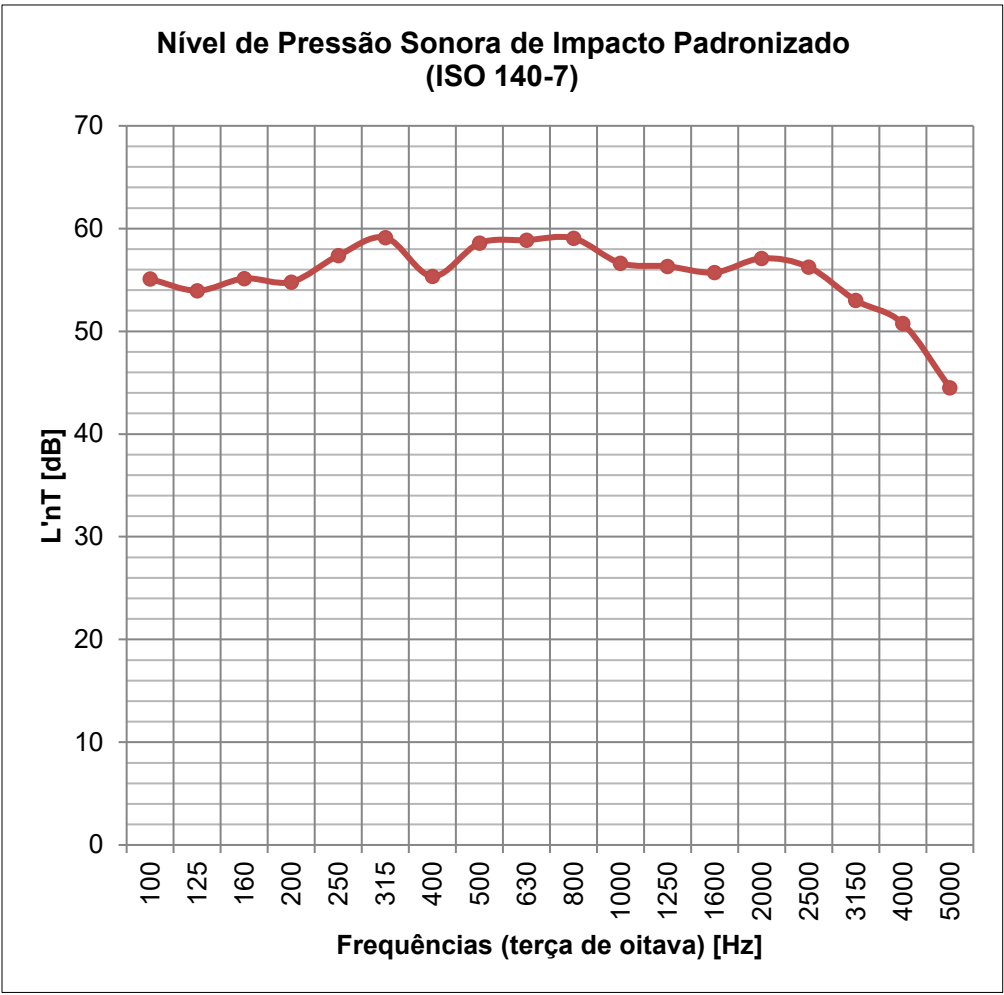
Temperatura:	
33°C	
Umidade relativa:	
42%	

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'n =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado (ISO 140-7) [dB]
L'n,w =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.11 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{nT,w}$ - Ensaio 6

f [Hz]	L'nT [dB]
100	55
125	54
160	55
200	55
250	57
315	59
400	55
500	59
630	59
800	59
1000	57
1250	56
1600	56
2000	57
2500	56
3150	53
4000	51
5000	45

L'nT,w	64
CII	46
CI	-10



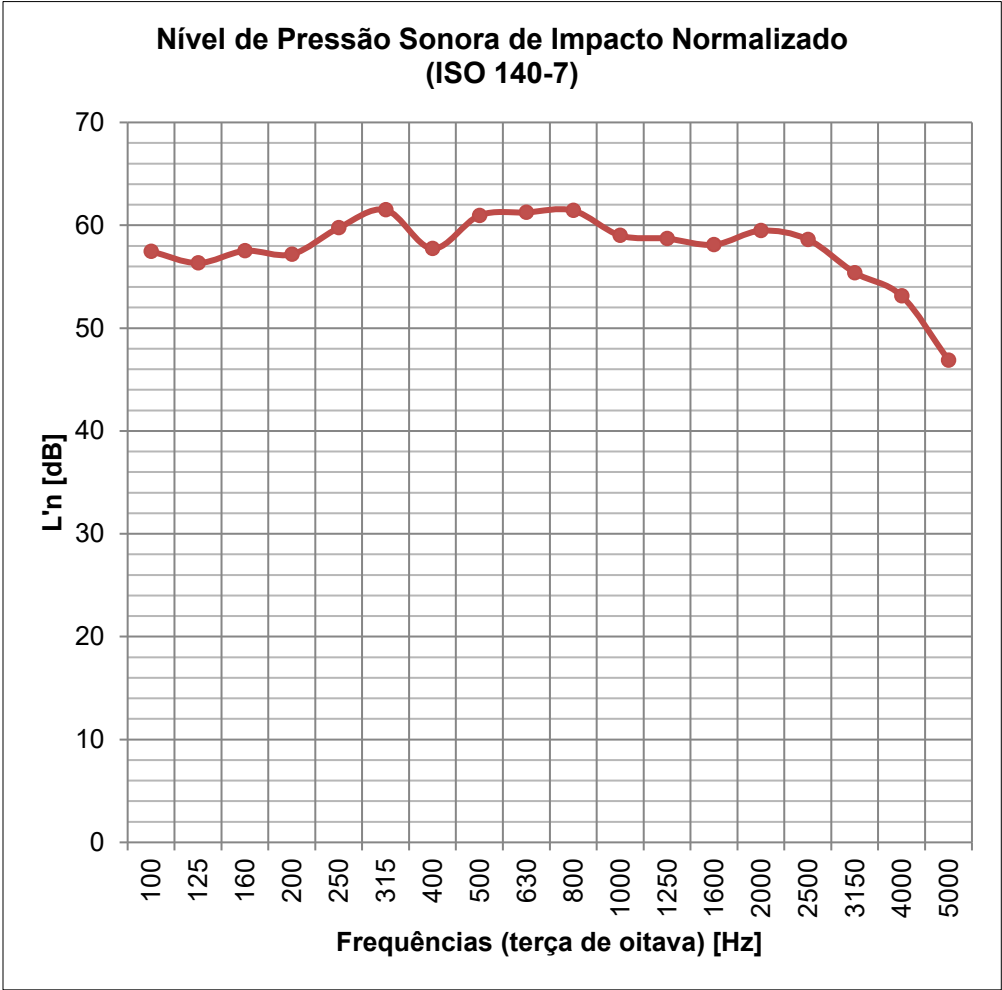
Temperatura:	
32°C	
Umidade relativa:	
25%	

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'nT =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado (ISO 140-7) [dB]
L'nT,w =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.12 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{n,w}$ - Ensaio 6

f [Hz]	L'n [dB]
100	57
125	56
160	58
200	57
250	60
315	61
400	58
500	61
630	61
800	61
1000	59
1250	59
1600	58
2000	59
2500	59
3150	55
4000	53
5000	47

L'n,w	67
CII	43
CI	-11



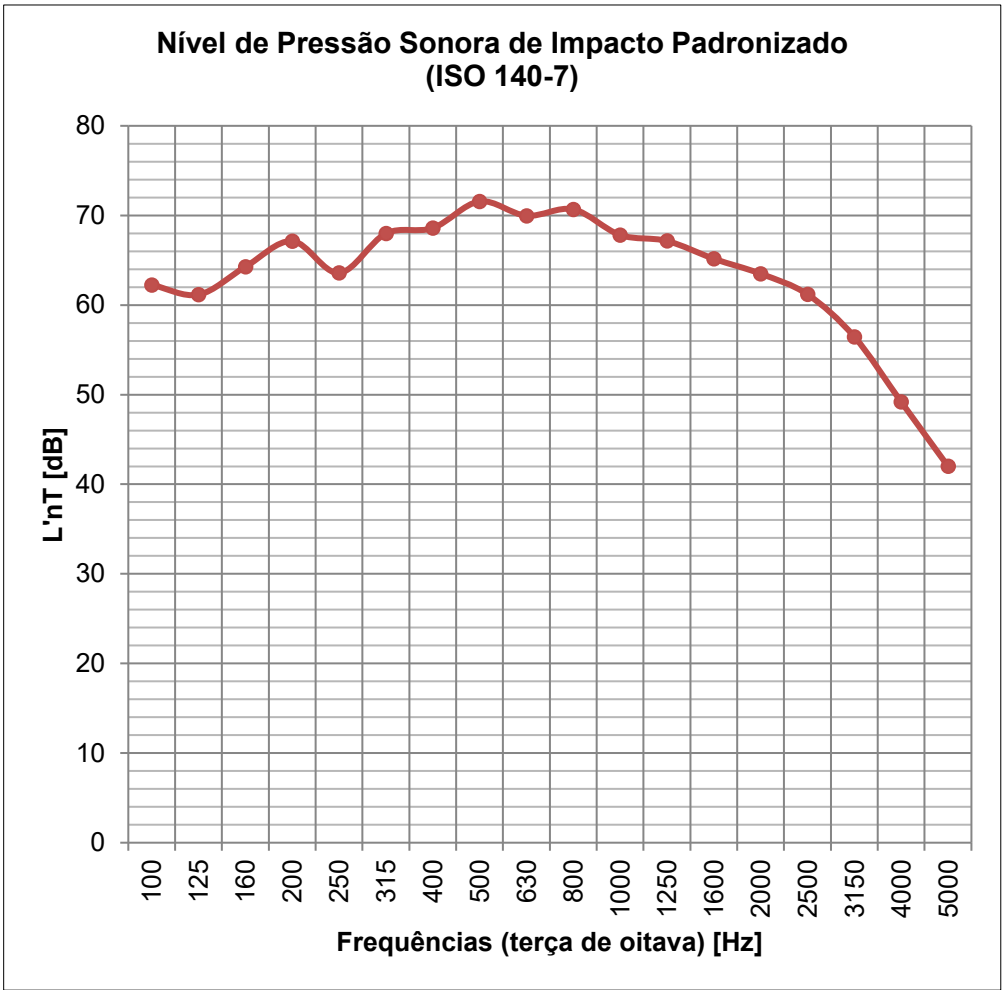
Temperatura:
32°C
Umidade relativa:
25%

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'n =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado (ISO 140-7) [dB]
L'n,w =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.13 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{nT,w}$ - Ensaio 7

f [Hz]	L'nT [dB]
100	62
125	61
160	64
200	67
250	64
315	68
400	69
500	72
630	70
800	71
1000	68
1250	67
1600	65
2000	63
2500	61
3150	56
4000	49
5000	42

L'nT,w	70
CII	40
CI	-6



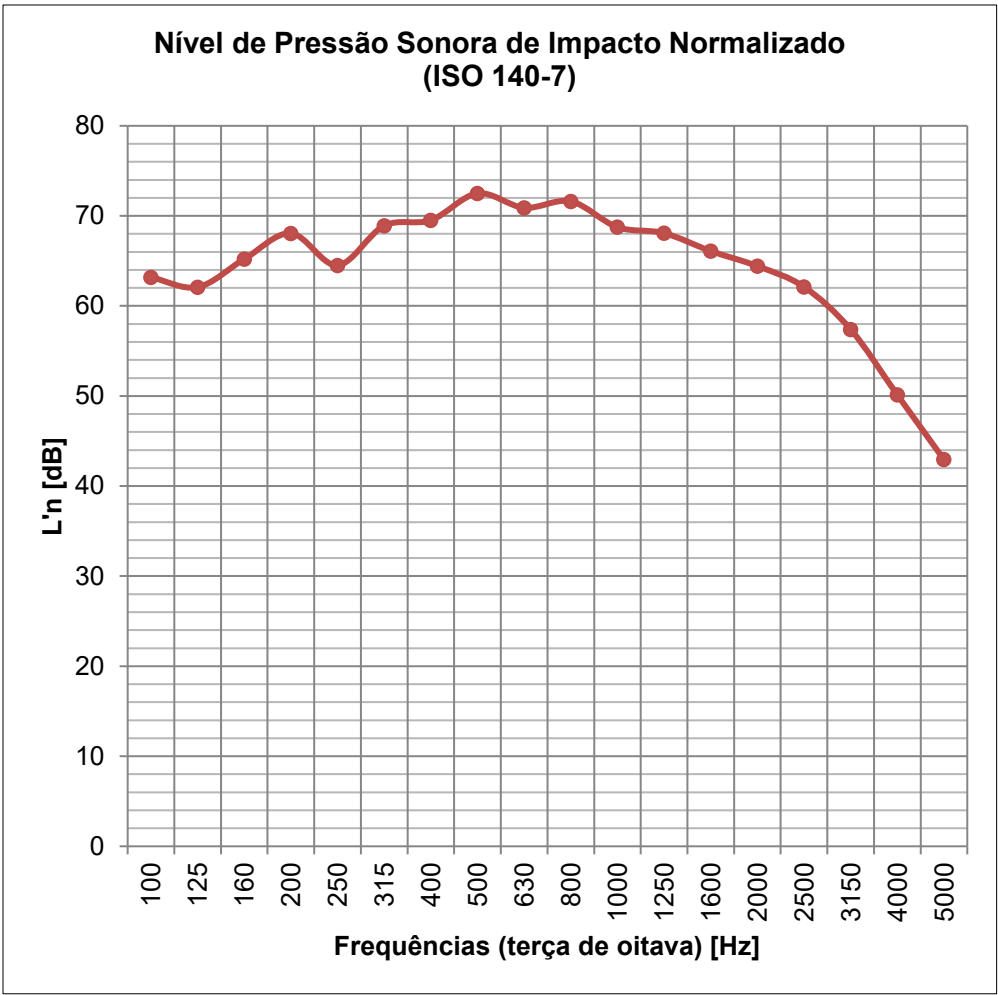
Temperatura:	
23°C	
Umidade relativa:	
71%	

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'nT =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado (ISO 140-7) [dB]
L'nT,w =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.14 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{n,w}$ - Ensaio 7

f [Hz]	L'n [dB]
100	63
125	62
160	65
200	68
250	65
315	69
400	70
500	72
630	71
800	72
1000	69
1250	68
1600	66
2000	64
2500	62
3150	57
4000	50
5000	43

L'n,w	71
CII	39
CI	-6



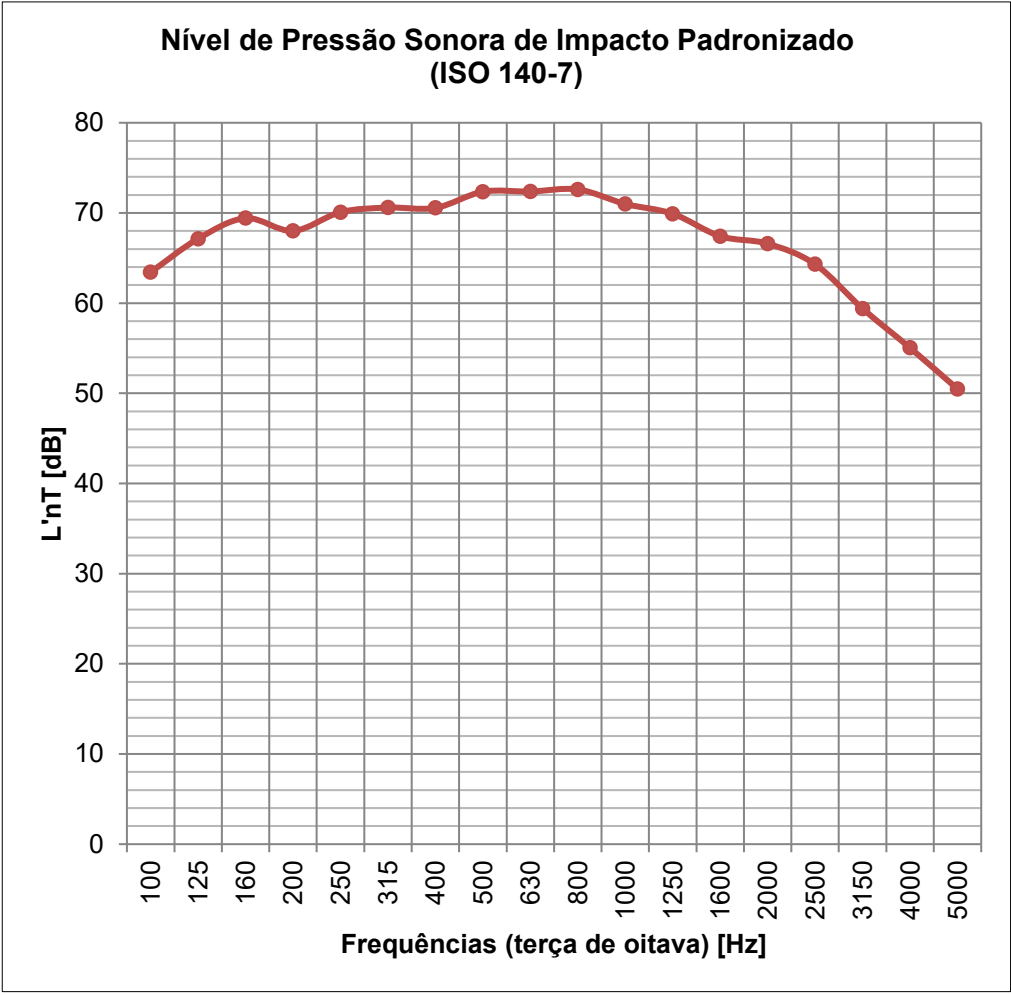
Temperatura:	
23°C	
Umidade relativa:	
71%	

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'n =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado (ISO 140-7) [dB]
L'n,w =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizada Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.15 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{nT,w}$ - Ensaio 8

f [Hz]	L'nT [dB]
100	63
125	67
160	69
200	68
250	70
315	71
400	71
500	72
630	72
800	73
1000	71
1250	70
1600	67
2000	67
2500	64
3150	59
4000	55
5000	50

L'nT,w	73
CII	37
CI	-6



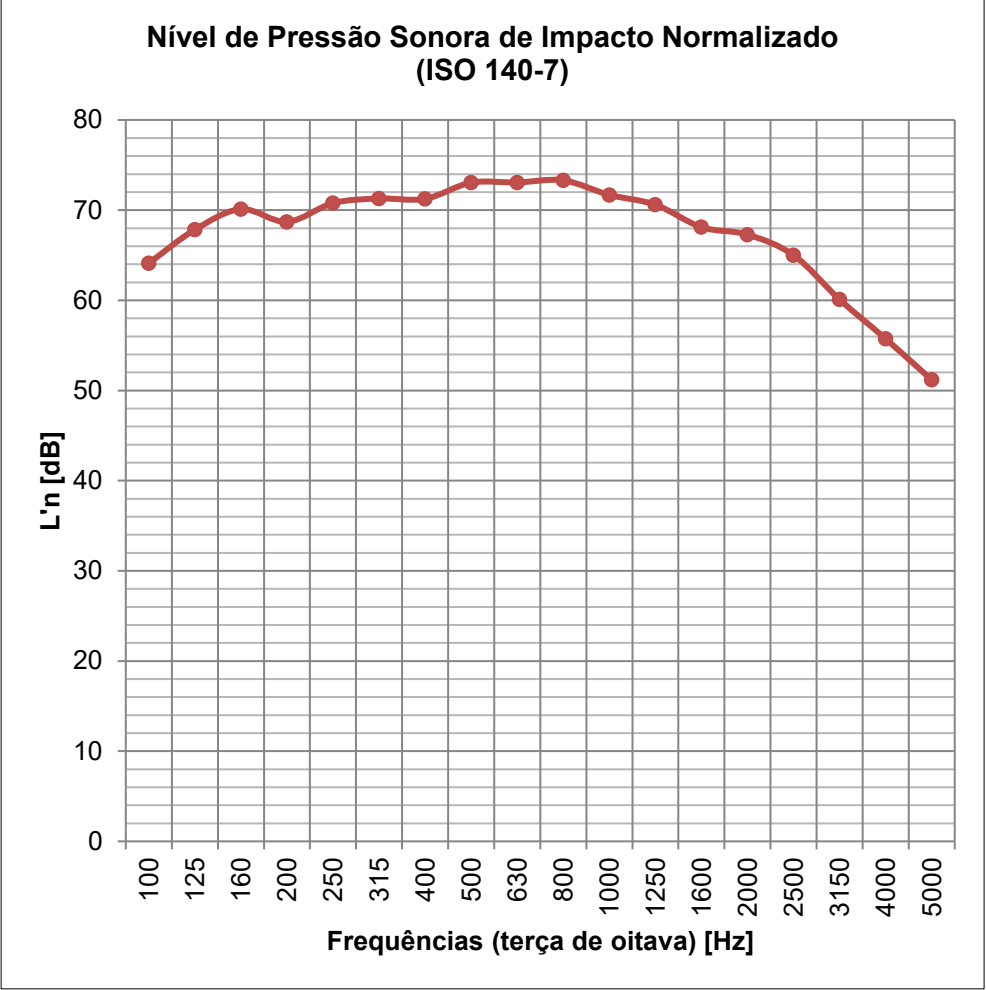
Temperatura:	
27°C	
Umidade relativa:	
45%	

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'nT =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado (ISO 140-7) [dB]
L'nT,w =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.16 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{n,w}$ - Ensaio 8

f [Hz]	L'n [dB]
100	64
125	68
160	70
200	69
250	71
315	71
400	71
500	73
630	73
800	73
1000	72
1250	71
1600	68
2000	67
2500	65
3150	60
4000	56
5000	51

L'n,w	74
CII	36
CI	-7



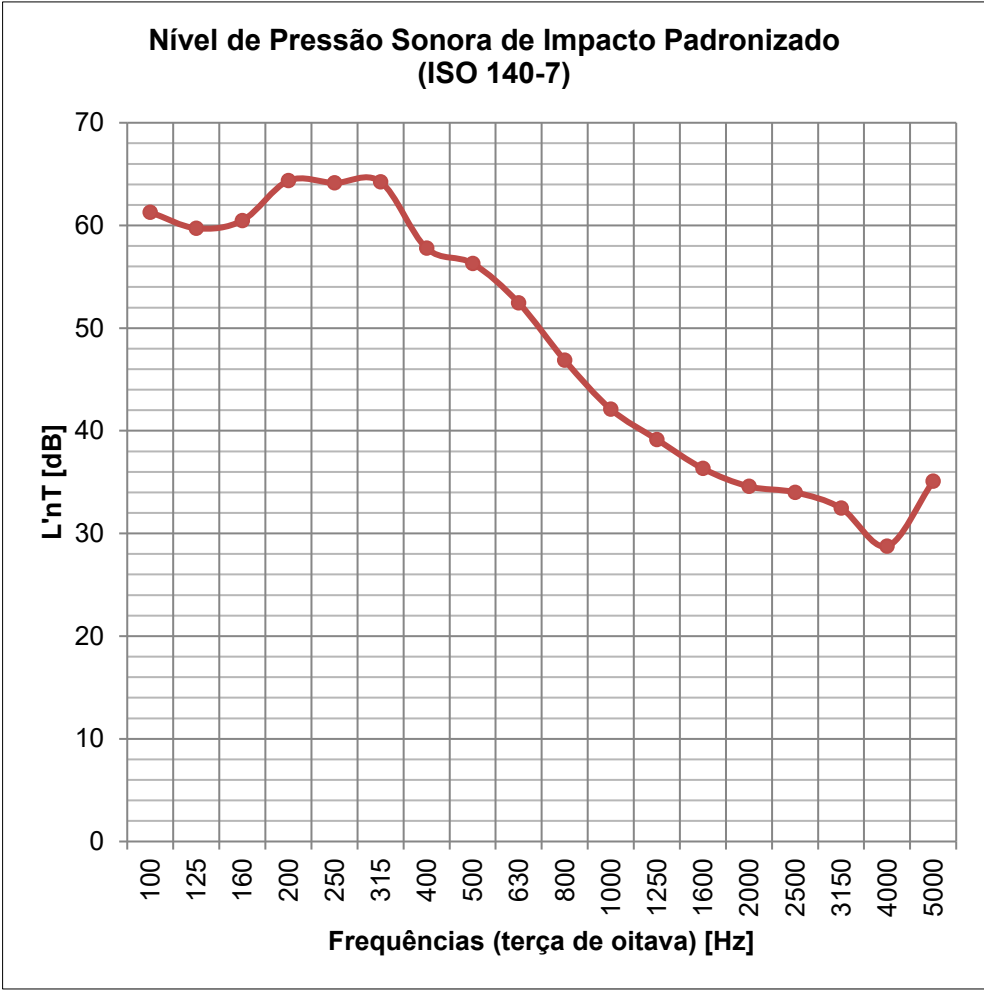
Temperatura:
27°C
Umidade relativa:
45%

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'nT =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado (ISO 140-7) [dB]
L'nT,w =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.17 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{nT,w}$ - Ensaio 9

f [Hz]	L'nT [dB]
100	61
125	60
160	60
200	64
250	64
315	64
400	58
500	56
630	52
800	47
1000	42
1250	39
1600	36
2000	35
2500	34
3150	32
4000	29
5000	35

L'nT,w	56
CII	54
CI	0



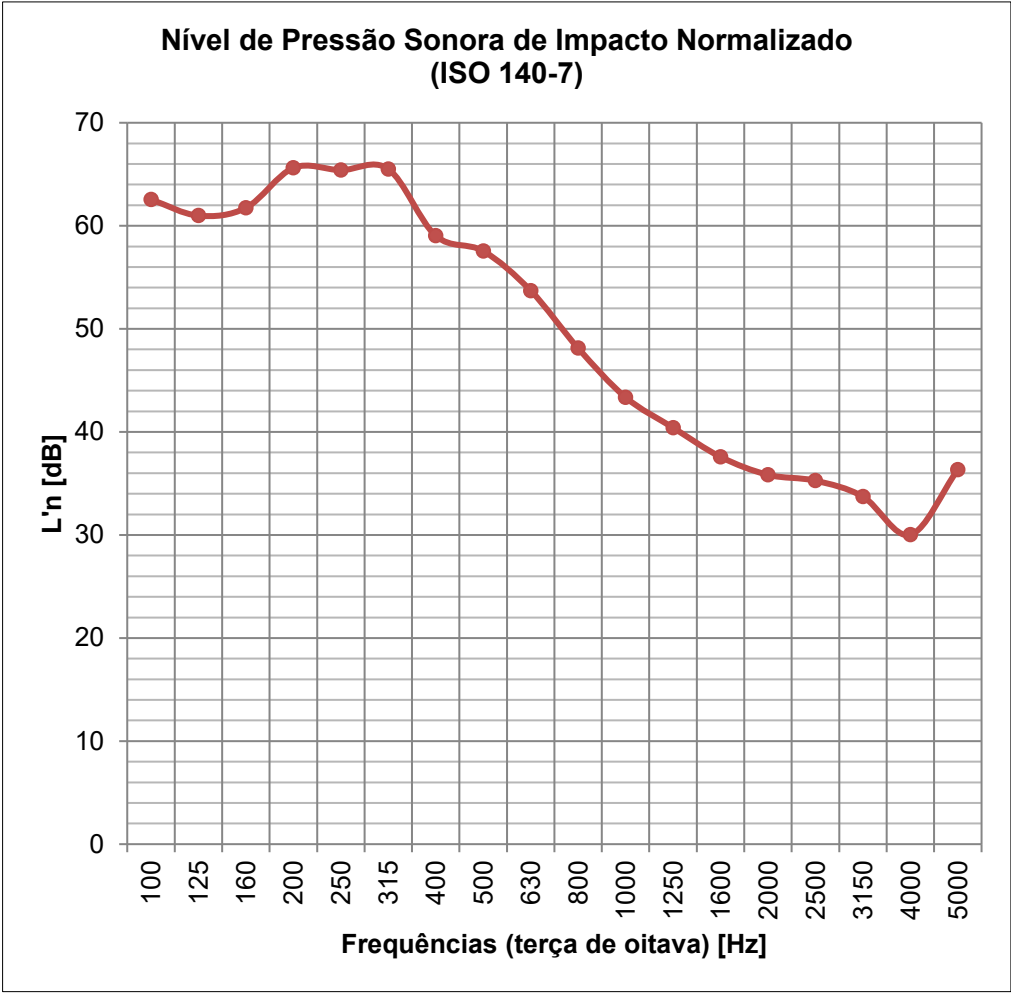
Temperatura:	
27°C	
Umidade relativa:	
48%	

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'nT =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado (ISO 140-7) [dB]
L'nT,w =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.18 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{n,w}$ - Ensaio 9

f [Hz]	L'n [dB]
100	63
125	61
160	62
200	66
250	65
315	66
400	59
500	58
630	54
800	48
1000	43
1250	40
1600	38
2000	36
2500	35
3150	34
4000	30
5000	36

L'n,w	58
CII	52
CI	-1



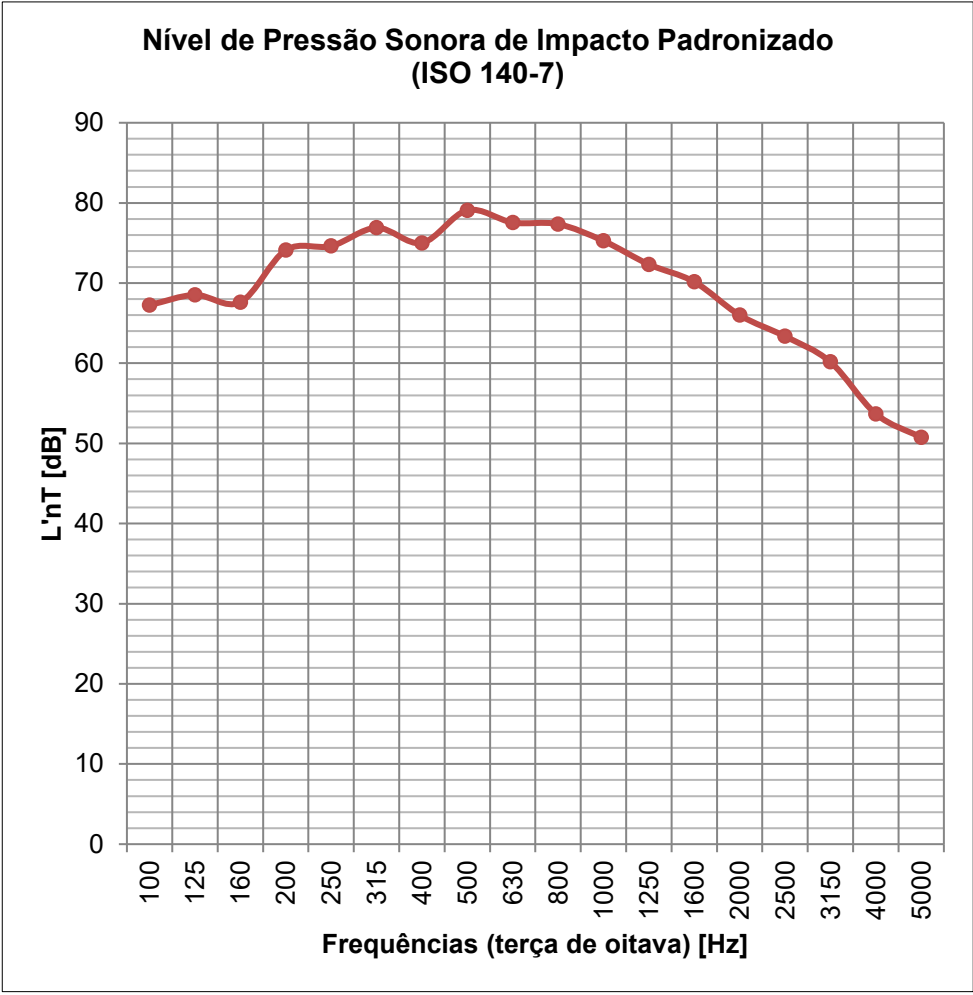
Temperatura:	
27°C	
Umidade relativa:	
48%	

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'n =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Normalizado (ISO 140-7) [dB]
L'n,w =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Normalizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.19 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{nT,w}$ - Ensaio 10

f [Hz]	L'nT [dB]
100	67
125	69
160	68
200	74
250	75
315	77
400	75
500	79
630	78
800	77
1000	75
1250	72
1600	70
2000	66
2500	63
3150	60
4000	54
5000	51

L'nT,w	75
CII	35
CI	-4



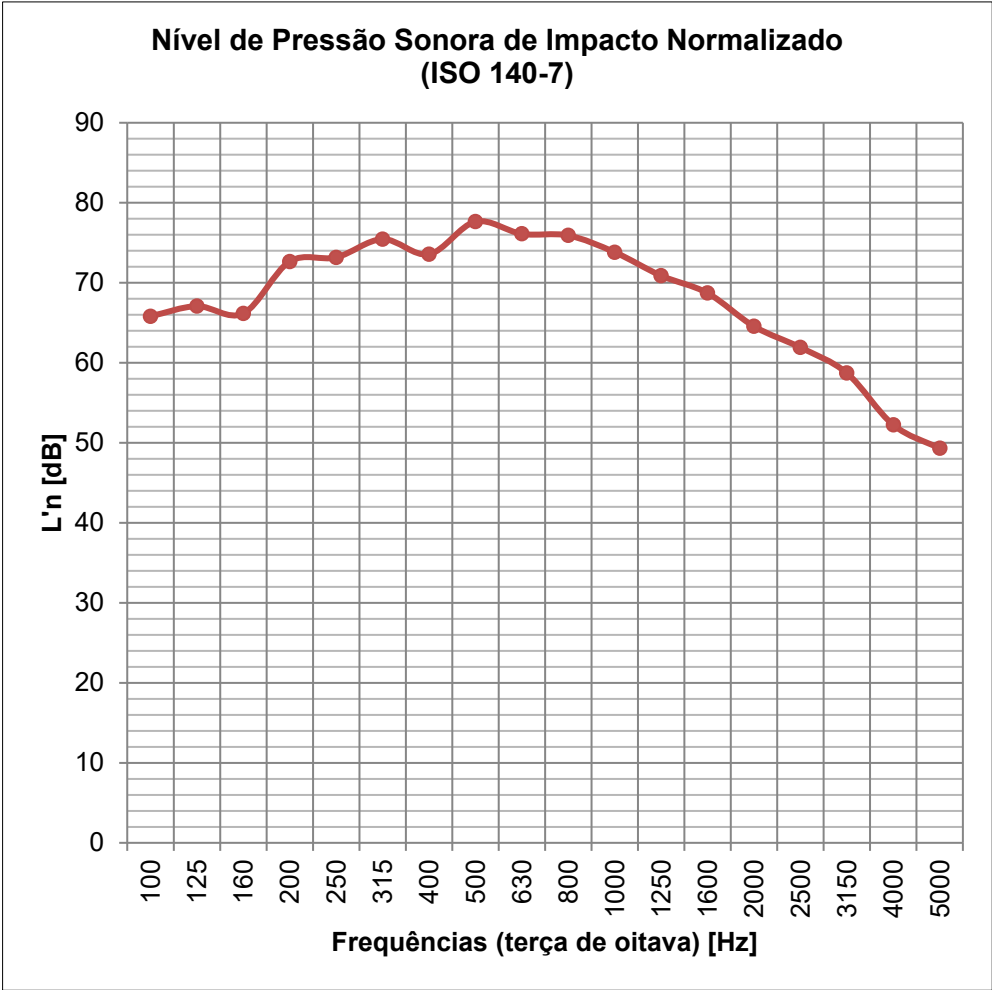
Temperatura:
23°C
Umidade relativa:
57%

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'nT =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado (ISO 140-7) [dB]
L'nT,w =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.20 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{n,w}$ - Ensaio 10

f [Hz]	L'n [dB]
100	66
125	67
160	66
200	73
250	73
315	75
400	74
500	78
630	76
800	76
1000	74
1250	71
1600	69
2000	65
2500	62
3150	59
4000	52
5000	49

L'n,w	74
CII	36
CI	-4



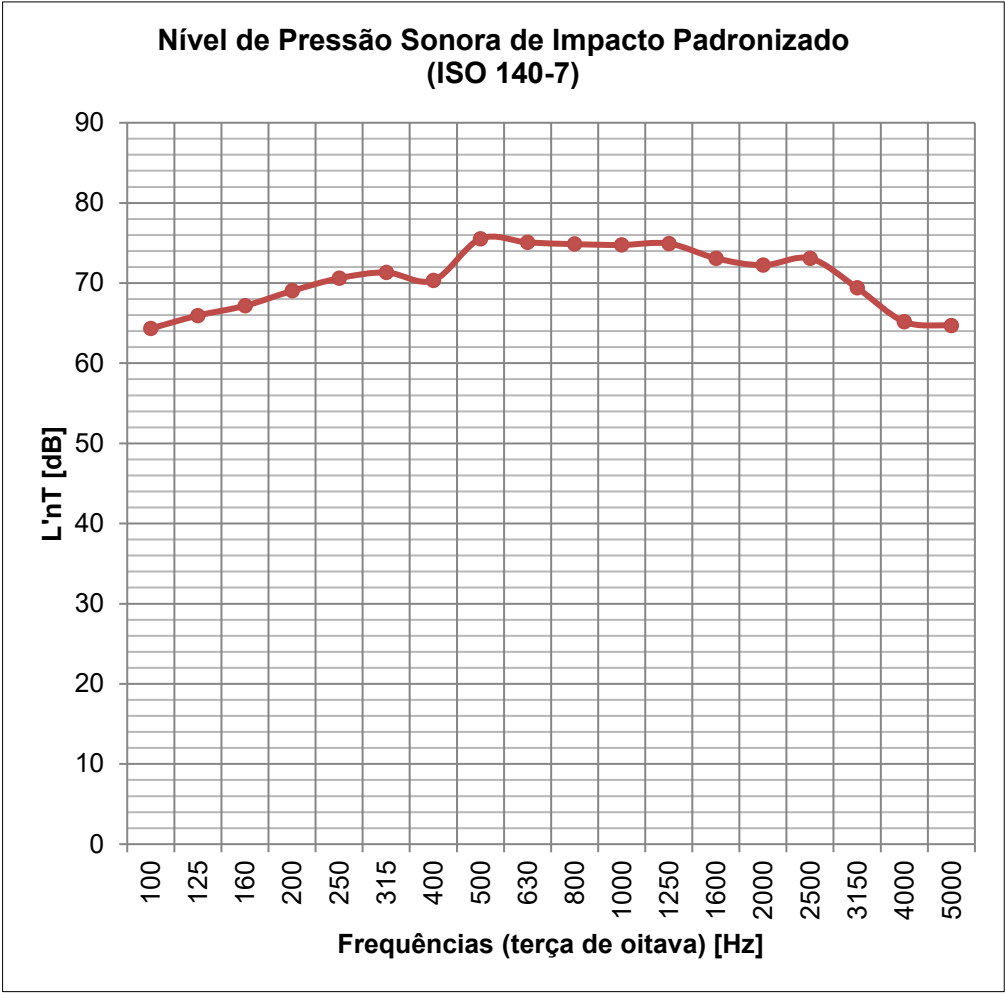
Temperatura:
23°C
Umidade relativa:
57%

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'n =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Normalizado (ISO 140-7) [dB]
L'n,w =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Normalizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.21 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{nT,w}$ - Ensaio 11

f [Hz]	L'nT [dB]
100	64
125	66
160	67
200	69
250	71
315	71
400	70
500	76
630	75
800	75
1000	75
1250	75
1600	73
2000	72
2500	73
3150	69
4000	65
5000	65

L'nT,w	81
CII	29
CI	-11



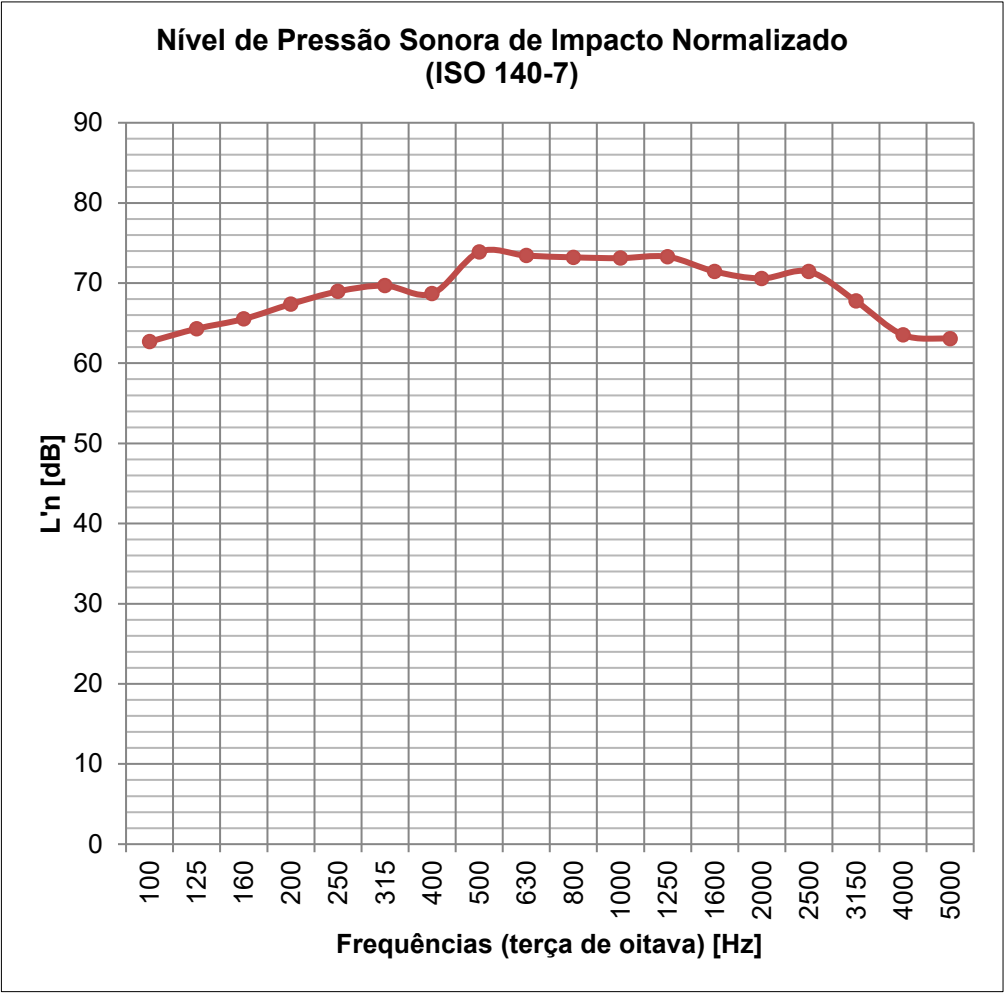
Temperatura:	
24°C	
Umidade relativa:	
57%	

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'nT =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado (ISO 140-7) [dB]
L'nT,w =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.22 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{n,w}$ - Ensaio 11

f [Hz]	L'n [dB]
100	63
125	64
160	66
200	67
250	69
315	70
400	69
500	74
630	73
800	73
1000	73
1250	73
1600	71
2000	71
2500	71
3150	68
4000	64
5000	63

L'n,w	80
CII	30
CI	-12



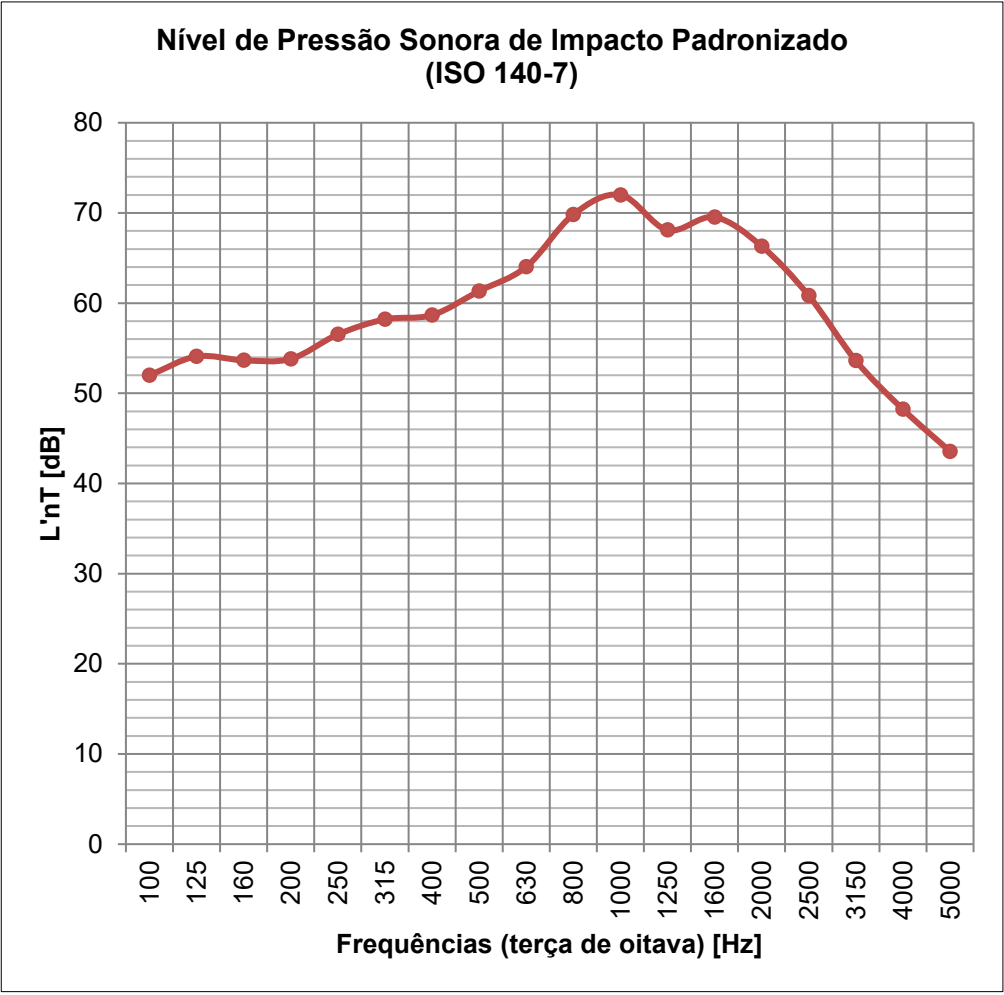
Temperatura:
24°C
Umidade relativa:
57%

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'n =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado (ISO 140-7) [dB]
L'n,w =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.23 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{nT,w}$ - Ensaio 12

f [Hz]	L'nT [dB]
100	52
125	54
160	54
200	54
250	57
315	58
400	59
500	61
630	64
800	70
1000	72
1250	68
1600	70
2000	66
2500	61
3150	54
4000	48
5000	44

L'nT,w	71
CII	39
CI	-9



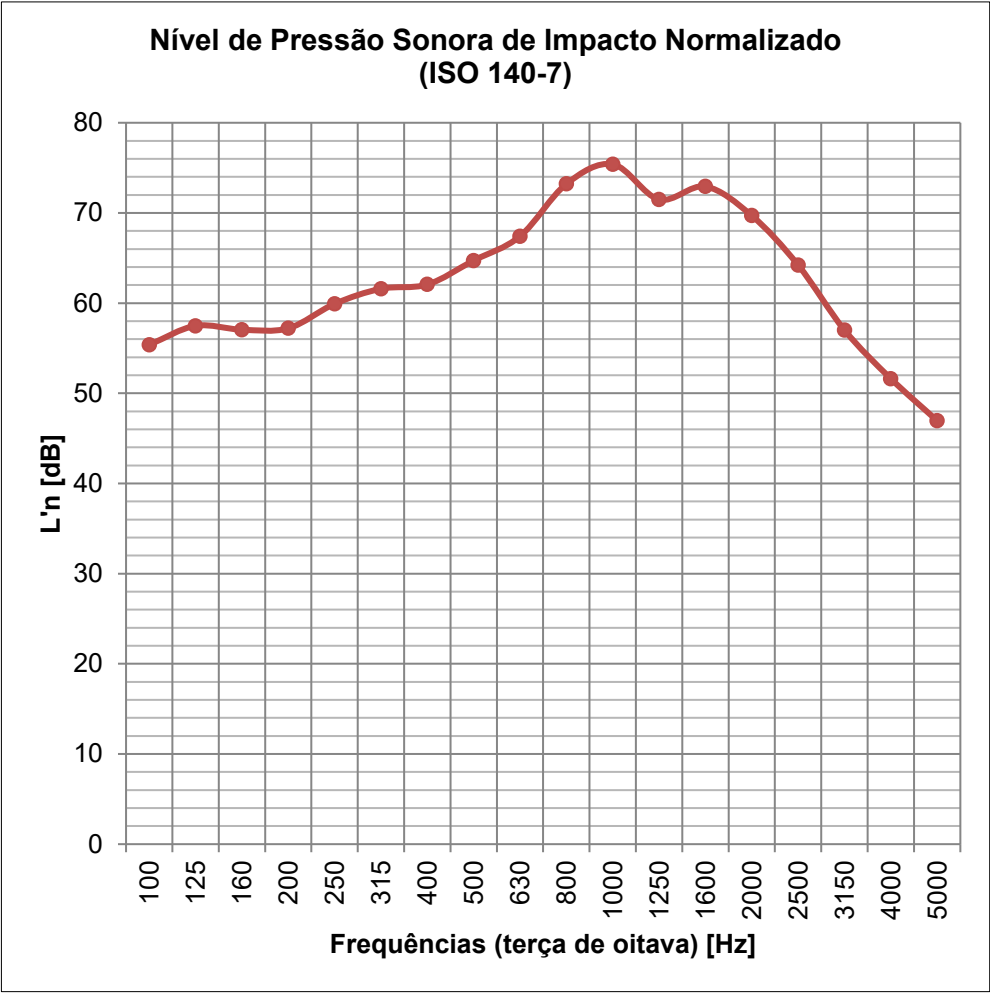
Temperatura:	
23°C	
Umidade relativa:	
57%	

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'nT =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Padronizado (ISO 140-7) [dB]
L'nT,w =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Padronizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.24 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{n,w}$ - Ensaio 12

f [Hz]	L'n [dB]
100	55
125	57
160	57
200	57
250	60
315	62
400	62
500	65
630	67
800	73
1000	75
1250	71
1600	73
2000	70
2500	64
3150	57
4000	52
5000	47

L'n,w	74
CII	36
CI	-8



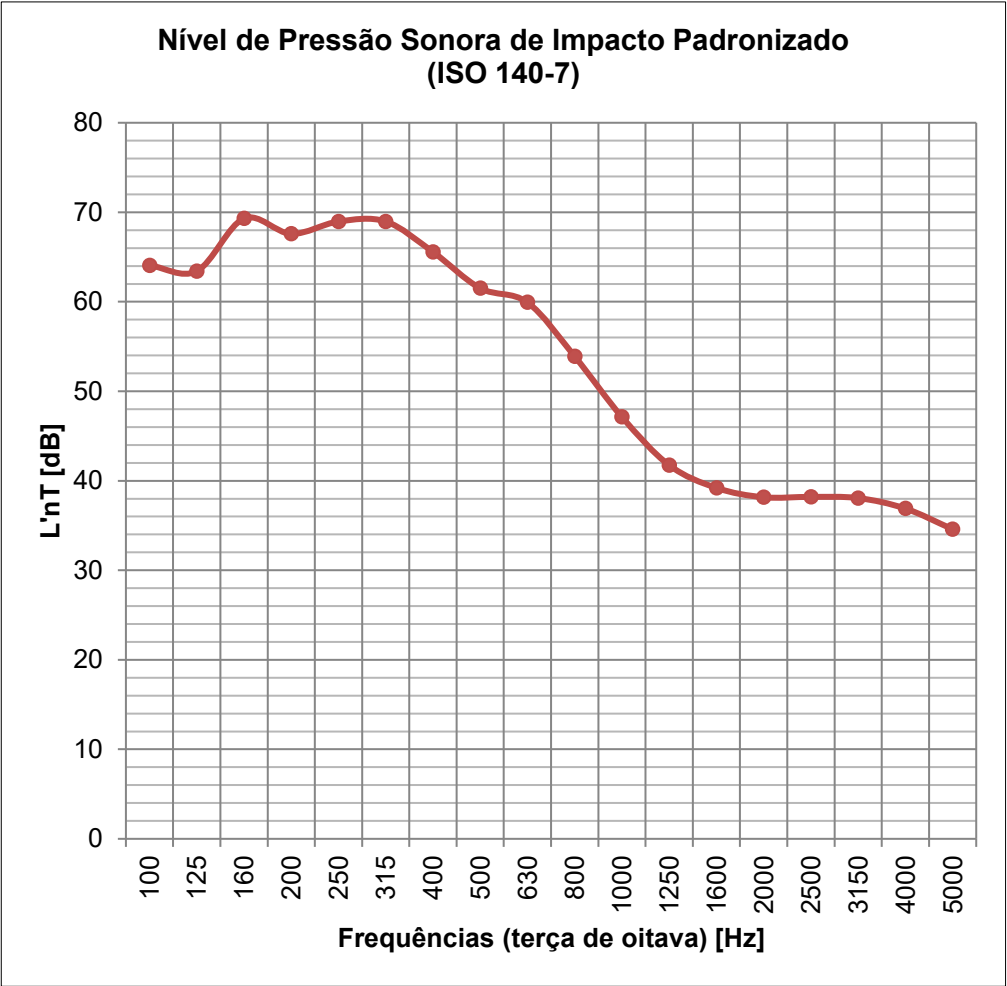
Temperatura:	
23°C	
Umidade relativa:	
57%	

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'n =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado (ISO 140-7) [dB]
L'n,w =	Nível de Pressão Sonoro de Impacto Normalizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.25 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{nT,w}$ - Ensaio 13

f [Hz]	L'nT [dB]
100	64
125	63
160	69
200	68
250	69
315	69
400	66
500	62
630	60
800	54
1000	47
1250	42
1600	39
2000	38
2500	38
3150	38
4000	37
5000	35

L'nT,w	61
CII	49
CI	0



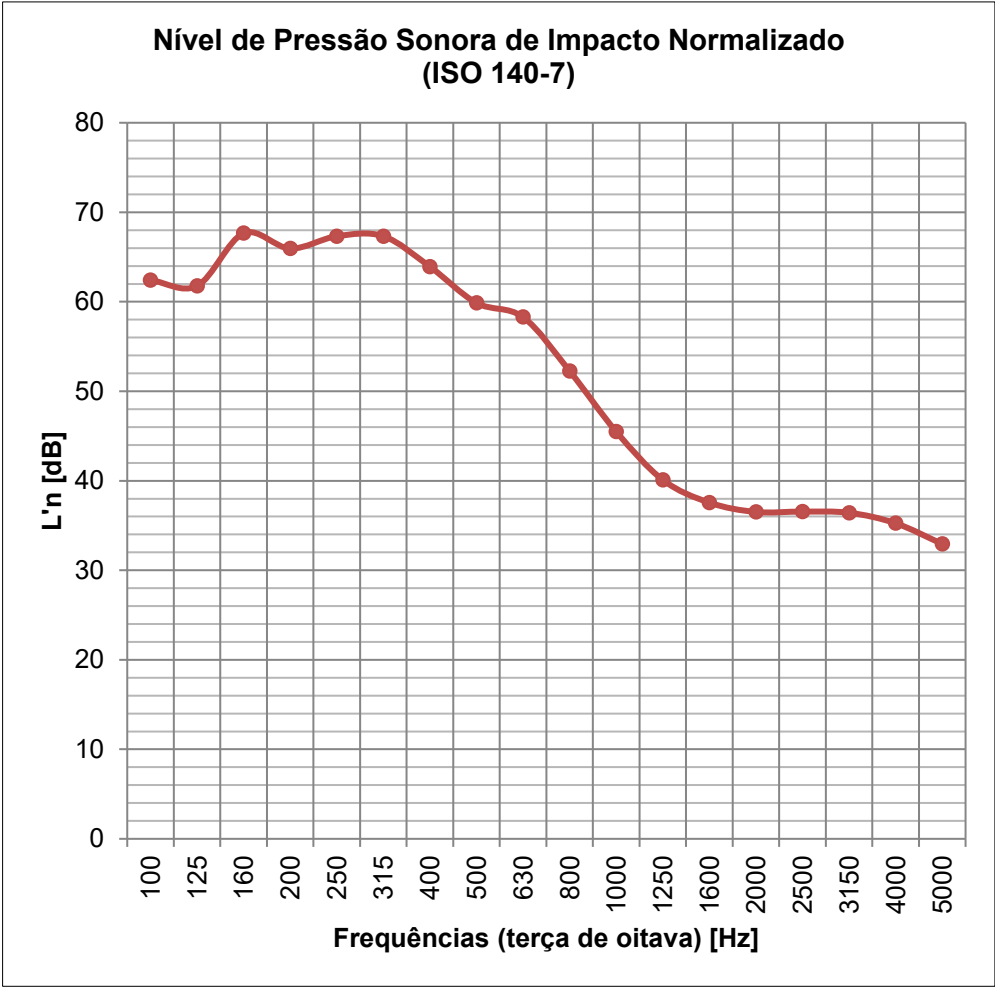
Temperatura:	
22°C	
Umidade relativa:	
61%	

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'nT =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado (ISO 140-7) [dB]
L'nT,w =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.26 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{n,w}$ - Ensaio 13

f [Hz]	L'n [dB]
100	62
125	62
160	68
200	66
250	67
315	67
400	64
500	60
630	58
800	52
1000	45
1250	40
1600	38
2000	37
2500	37
3150	36
4000	35
5000	33

L'n,w	59
CII	51
CI	1



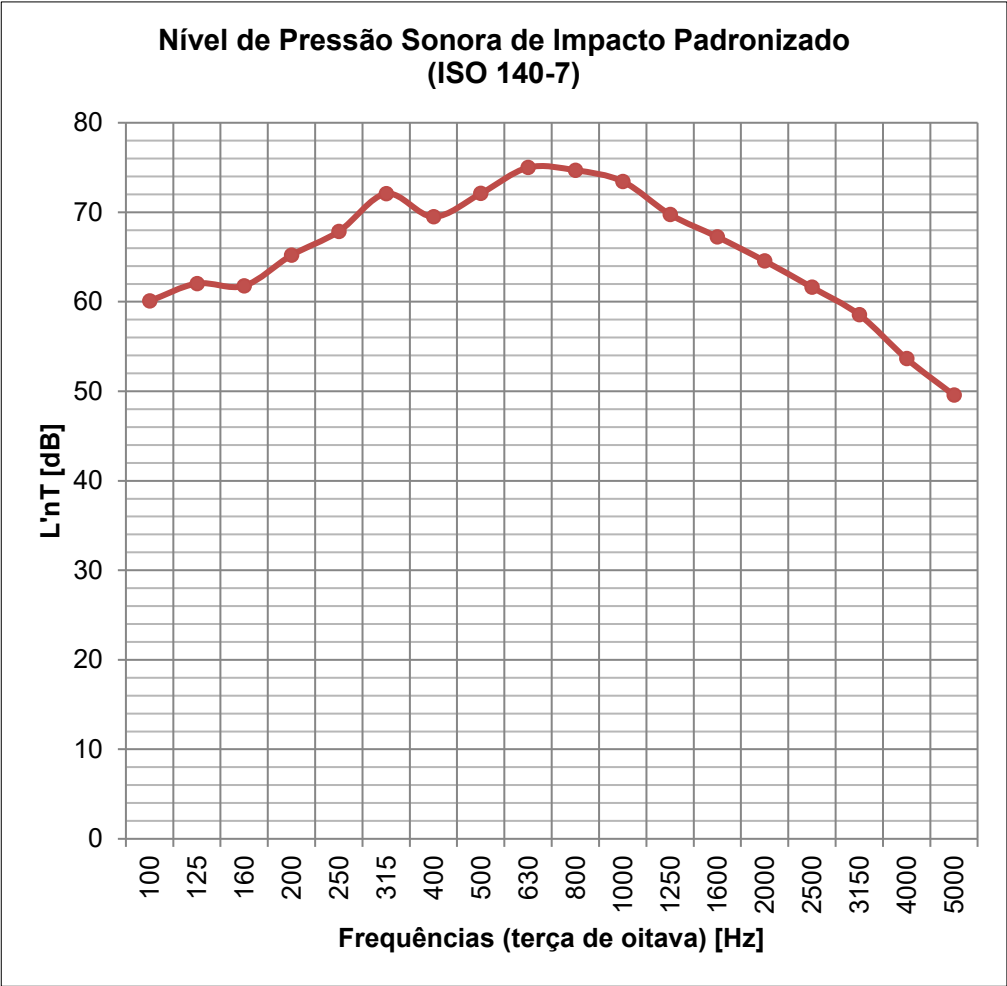
Temperatura:	
22°C	
Umidade relativa:	
61%	

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'n =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Normalizado (ISO 140-7) [dB]
L'n,w =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Normalizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.27 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{nT,w}$ - Ensaio 14

f [Hz]	L'nT [dB]
100	60
125	62
160	62
200	65
250	68
315	72
400	70
500	72
630	75
800	75
1000	73
1250	70
1600	67
2000	65
2500	62
3150	59
4000	54
5000	50

L'nT,w	73
CII	37
CI	-6



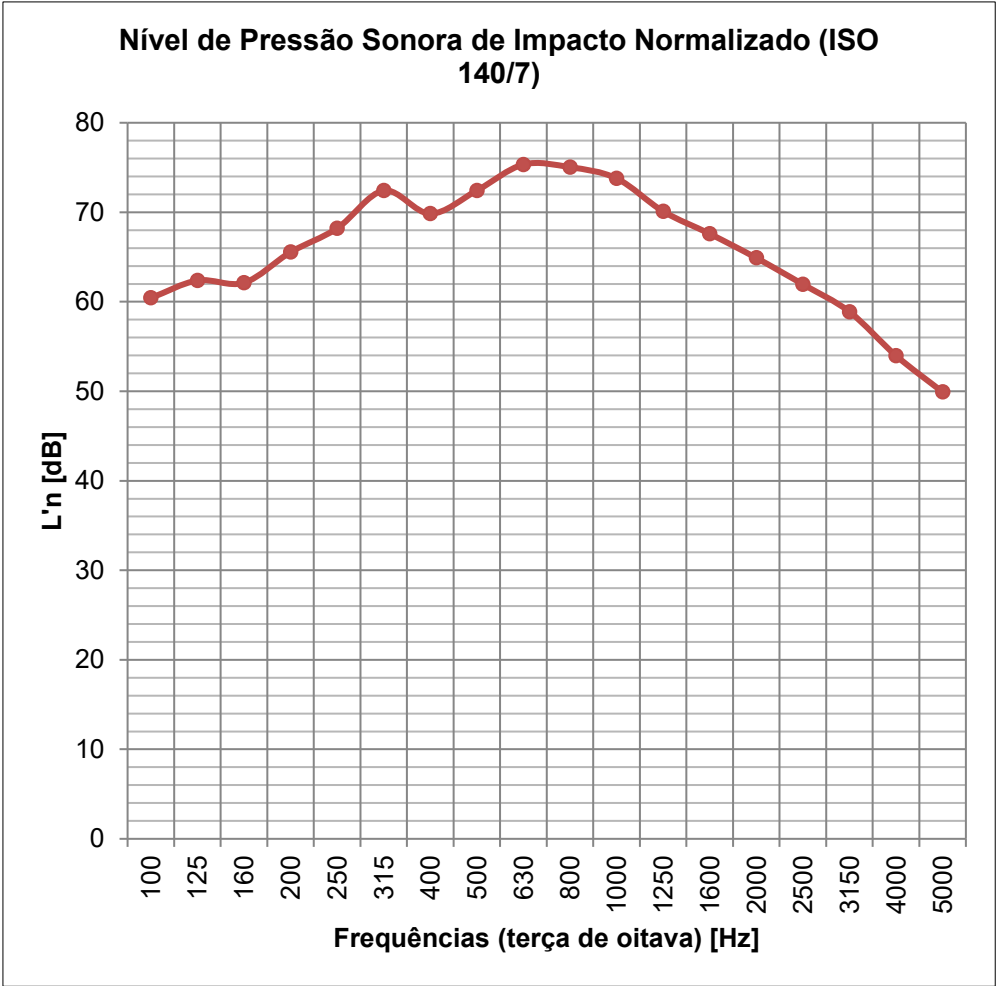
Temperatura:	
23°C	
Umidade relativa:	
29%	

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'nT =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado (ISO 140-7) [dB]
L'nT,w =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Padronizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

Tabela B.28 - Dados da medição de ruído de impacto de piso - Índice $L'_{n,w}$ - Ensaio 14

f [Hz]	L'n [dB]
100	60
125	62
160	62
200	66
250	68
315	72
400	70
500	72
630	75
800	75
1000	74
1250	70
1600	68
2000	65
2500	62
3150	59
4000	54
5000	50

L'n,w	73
CII	37
CI	-6



Temperatura:
23°C
Umidade relativa:
29%

f =	Frequência do centro da banda de terça de oitava [Hz]
L'T =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Normalizado (ISO 140-7) [dB]
$L'_{nT,w}$ =	Nível de Pressão Sonora de Impacto Normalizado Ponderado (ISO 717-2) [dB]
CII =	Classe de Isolação de Impacto (ASTM E989-89) [dB]

ANEXO C

Fotos dos ambientes emissores e receptores ensaiados para cada edificação (conforme ISO 140-7: 1998)

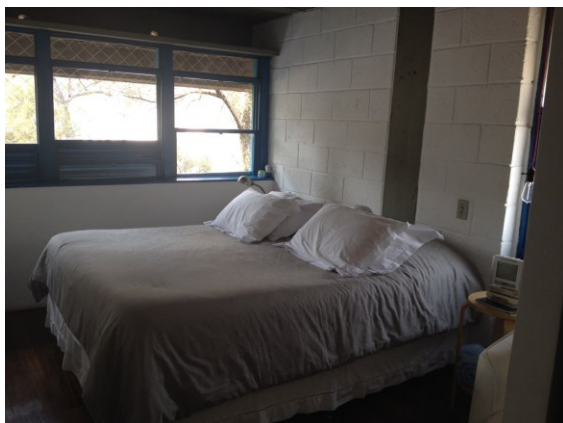


Figura C.1 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 1

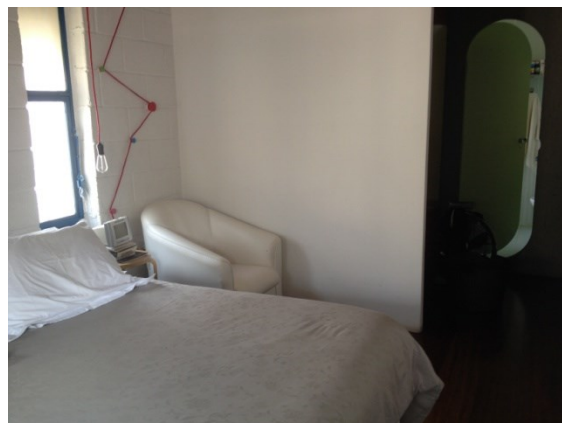


Figura C.2 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 1



Figura C.3 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 1



Figura C.4 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 1

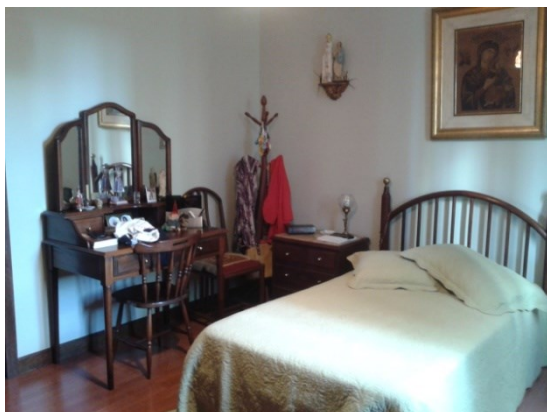


Figura C.5 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 2



Figura C.6 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 2

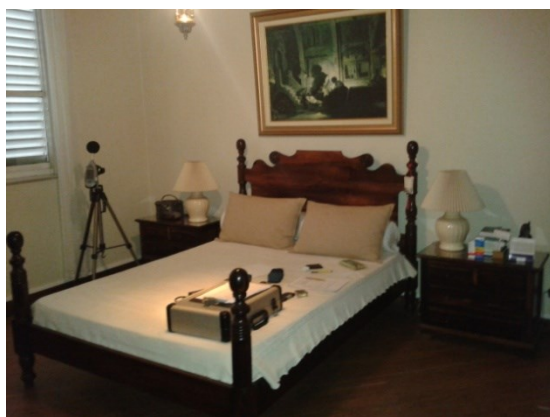


Figura C.7 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 2



Figura C.8 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 2

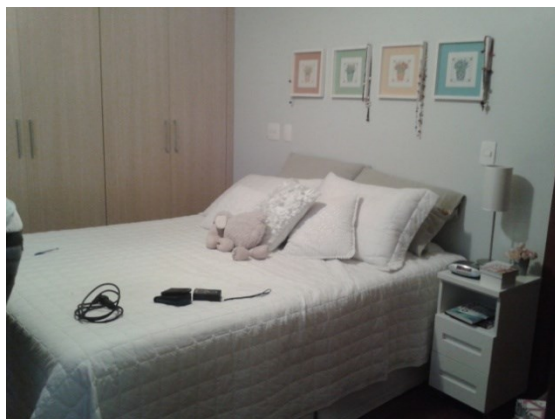


Figura C.9 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 3



Figura C.10 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 3



Figura C.11 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 3

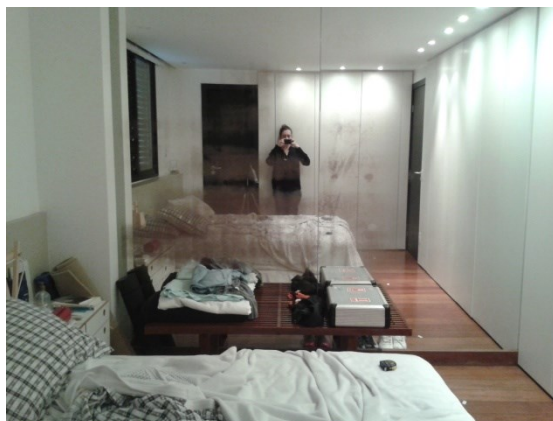


Figura C.12 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 3



Figura C.13 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 4

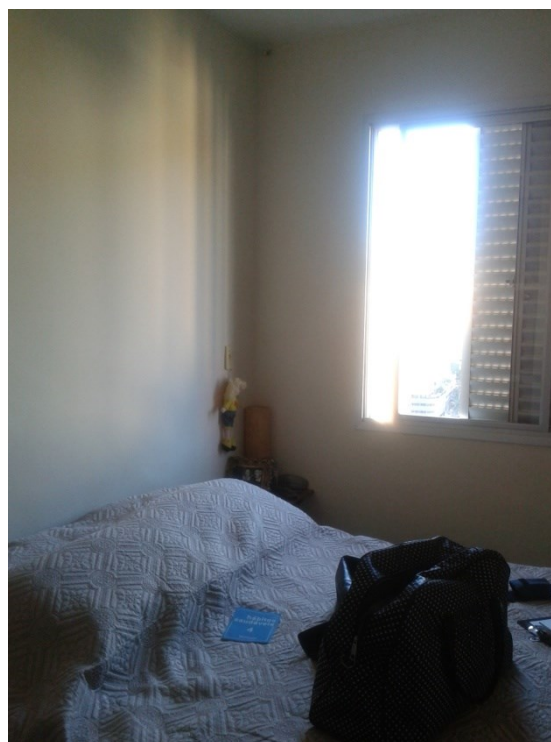


Figura C.14 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 4



Figura C.15 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 4

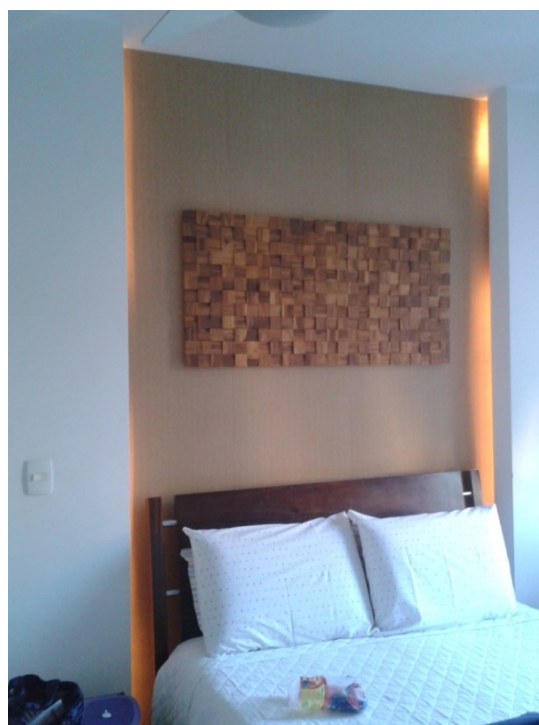


Figura C.16 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 4



Figura C.17 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 5

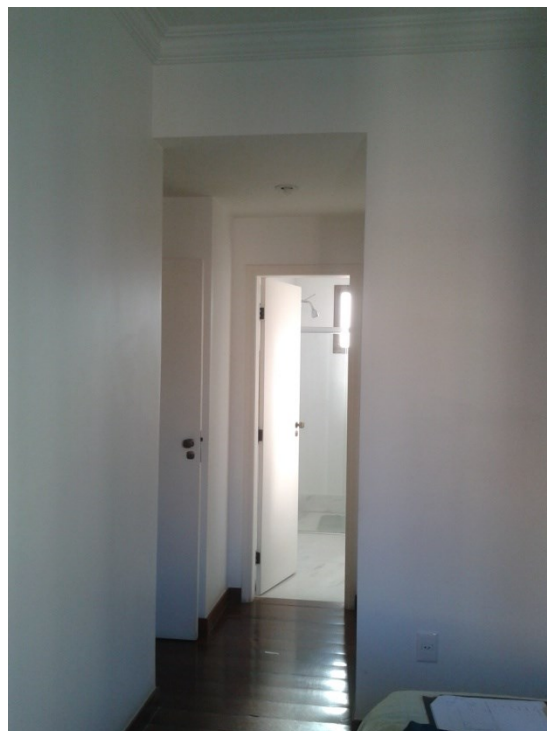


Figura C.18 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 5

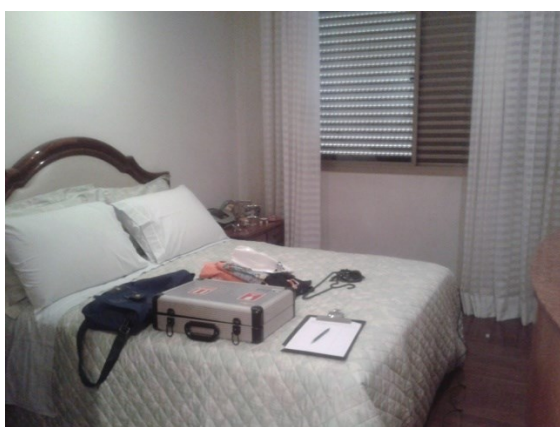


Figura C.19 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 5

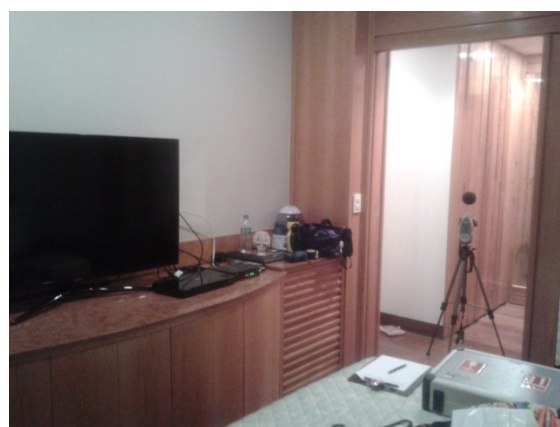


Figura C.20 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 5

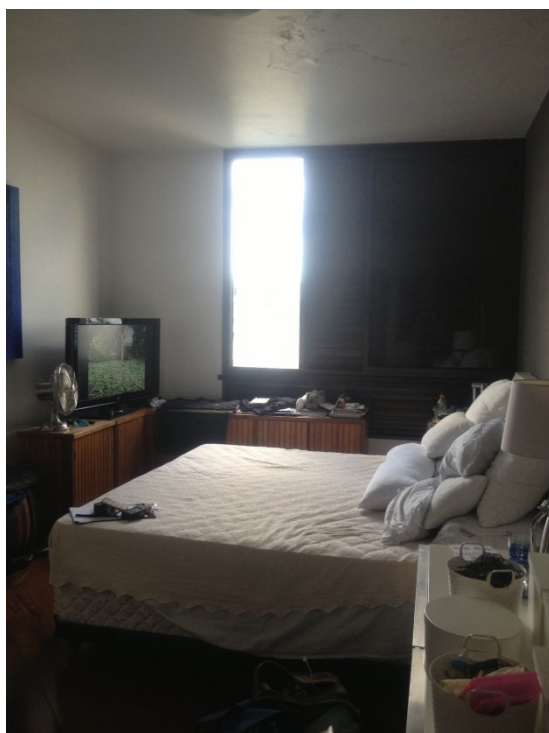


Figura C.21 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 6



Figura C.22 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 6



Figura C.23 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 6



Figura C.24 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 6



Figura C.25 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 7

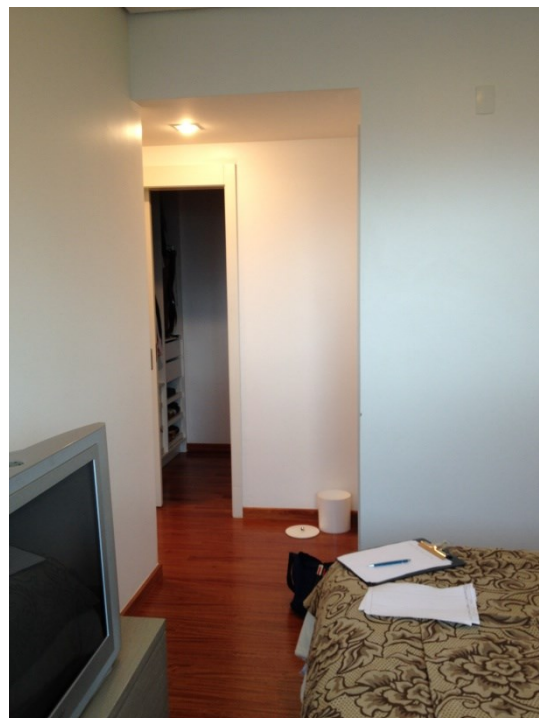


Figura C.26 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 7



Figura C.27 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 7



Figura C.28 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 7



Figura C.29 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 8

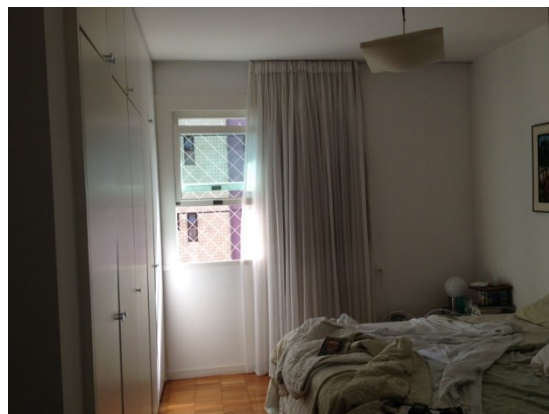


Figura C.30 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 8



Figura C.31 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 8



Figura C.32 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 8



Figura C.33 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 9



Figura C.34 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 9



Figura C.35 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 9



Figura C.36 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 9

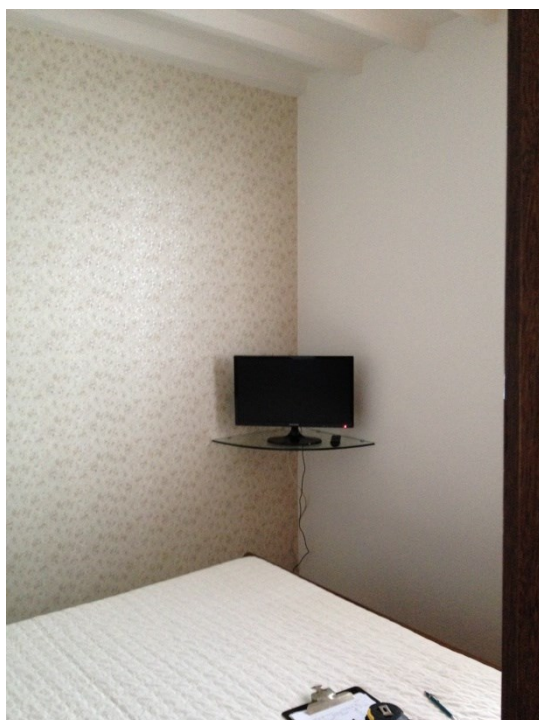


Figura C.37 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 10



Figura C.38 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 10



Figura C.39 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 10



Figura C.40 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 10

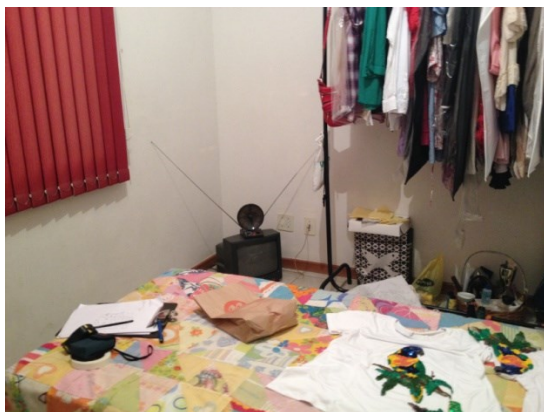


Figura C.41 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 11



Figura C.42 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 11



Figura C.43 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 11



Figura C.44 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 11

Ambiente Emissor (pavto. superior) -
Ensaio 12

(Não foram tiradas fotos)

Ambiente Emissor (pavto. superior) -
Ensaio 12

(Não foram tiradas fotos)



Figura C.45 - Ambiente Receptor (pavto.
inferior) - Ensaio 12



Figura C.46 - Ambiente Receptor (pavto.
inferior) - Ensaio 12



Figura C.47 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 13



Figura C.48 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 13



Figura C.49 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 13



Figura C.50 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 13



Figura C.51 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 14

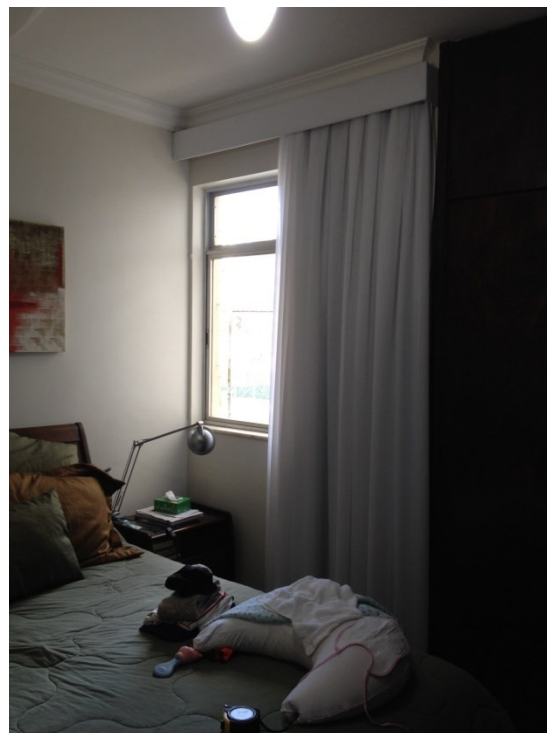


Figura C.52 - Ambiente Emissor (pavto. superior) - Ensaio 14

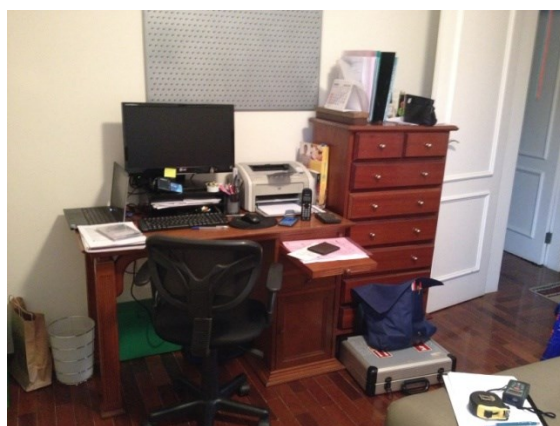


Figura C.53 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 14



Figura C.54 - Ambiente Receptor (pavto. inferior) - Ensaio 14

ANEXO D

Questionário aplicado para avaliação do nível de insatisfação do ruído de impacto de piso
(Metodologia *Survey*)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS
DEES-UFMG

MESTRADO EM ACÚSTICA DE EDIFICAÇÕES

Análise de desempenho acústico em edificações

"Análise objetiva e subjetiva da influência do ruído de impacto de piso no desempenho acústico de edificações"

MESTRANDO: Juliana Barros de Rezende, Arquiteta e Urbanista

ORIENTADOR: Francisco Carlos Rodrigues

CO-ORIENTADORES: Marco Antônio de Mendonça Vecci; Emílio Suyama

QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO DO RUÍDO DE IMPACTO DE PISO

Questionário Nº: _____

Residência Nº: _____

Responsável: _____

Data: _____

Horário

início: _____ h _____ min

Idade do entrevistado: _____ anos

Sexo

do

entrevistado: _____

Q1. Gostaria de saber há quanto tempo você reside (mora) em Belo Horizonte? (ANOTAR) _____ meses _____ anos OU Desde _____ 88. NS 99. NR (NS) (ACHA): _____	Q1. [] meses [] anos Desde []
Q2. Agora, gostaria de saber há quanto tempo você reside (mora) no seu bairro? (ANOTAR) _____ meses _____ anos OU Desde _____ 88. NS 99. NR (NS) (ACHA): _____	Q2. [] meses [] anos Desde []

Q3. (C.E. p:1) Gostaria de falar sobre a (qualidade de vida / vida) **em Belo Horizonte** . De maneira geral, você acha que a (qualidade de vida / vida) aqui é boa ou ruim?

(SE BOA, PERGUNTAR): Você acha que ela é muito boa ou boa?

1. Muito Boa

2. Boa

3. Regular (VOLUNTARIAMENTE)

(SE RUIM, PERGUNTAR): Você acha que ela é ruim ou muito ruim?

4. Ruim

5. Muito ruim

88. NS

99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.
----------	--------	------------	----------

(NS) (ACHA): _____

O que você levou em consideração para classificá-la dessa forma?

Q3.

[]

Q4. (C.E. p:1) E no seu bairro? De maneira geral, você acha que a (qualidade de vida / vida) aqui é boa ou ruim?

(SE BOA, PERGUNTAR): Você acha que ela é muito boa ou boa?

1. Muito Boa

2. Boa

3. Regular (VOLUNTARIAMENTE)

(SE RUIM, PERGUNTAR): Você acha que ela é ruim ou muito ruim?

4. Ruim

5. Muito ruim

88. NS

99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.
----------	--------	------------	----------

(NS) (ACHA): _____

O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?

Q4.

[]

Q5. (C.E. p:02) Há várias razões que levam as pessoas a se mudarem para determinados bairros. Qual a principal razão que o (a) levou a se mudar para **este bairro**? E em segundo lugar? E em terceiro?

Q5.1. Em primeiro lugar (ANOTAR):

Q5.1.

[]

Q5.2. Em segundo lugar (ANOTAR):

Q5.2.

[]

Q5.3. Em terceiro lugar (ANOTAR):

Q5.3.

[]

- a) Perto do meu trabalho
- b) Perto da escola do(s) meu(s) filho(a)(s)
- c) Moradia mais barata
- d) Tamanho do bairro (por ser um bairro menor)
- e) Tamanho do bairro (por ser um bairro maior)
- f) Bairro pouco ruidoso (pouco barulhento)
- g) Bairro com pouco trânsito
- h) Facilidade de transporte
- i) As pessoas desse bairro
- j) Perto de amigos e/ou parentes
- k) Parques e áreas verdes
- l) Porque a família se mudou
- m) Outra (ANOTAR)

88. NS

99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.
----------	--------	------------	----------

(NS) (ACHA): _____

O que você entende por “Bairro pouco ruidoso”?

Q6. (C.E. p:03) Ainda em relação ao **seu bairro**, vou apresentar alguns tipos de ruído (barulho) que podem lhe incomodar. Gostaria de saber se cada um destes ruídos (barulhos) sempre lhe incomoda, às vezes, raramente ou nunca lhe incomoda?

	Sempre	Às vezes	Raramente	Nunca	NR	NS	NA
a) Trânsito	1	2	3	4	88	99	77
b) Obras	1	2	3	4	88	99	77
c) Restaurantes / Bares	1	2	3	4	88	99	77
d) Serviços (Padarias / Lava-jatos / etc.)	1	2	3	4	88	99	77
e) Shopping	1	2	3	4	88	99	77
f) Igreja	1	2	3	4	88	99	77
g) Clube	1	2	3	4	88	99	77
h) Escola	1	2	3	4	88	99	77
i) Atividade esportiva	1	2	3	4	88	99	77
j) Outro não listado	1	2	3	4	88	99	77

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

Q7. Agora vamos falar sobre o seu **prédio**. Há quanto tempo você reside (mora) **no seu prédio**?

(ANOTAR)

_____ meses | _____ anos

OU

Desde _____

88. NS

99. NR

(NS) (ACHA): _____

Q6.A.

[_____]

Q6.B.

[_____]

Q6.C.

[_____]

Q6.D.

[_____]

Q6.E.

[_____]

Q6.F.

[_____]

Q6.G.

[_____]

Q6.H.

[_____]

Q6.I.

[_____]

Q6.J.

[_____]

Q7.

[_____]

meses

[_____]

anos

Desde

[_____]

Q8. (C.E. p:04) E qual a principal razão que o (a) levou a se mudar para **este prédio**? E em segundo lugar? E em terceiro?

Q8.1. Em primeiro lugar (ANOTAR):

Q8.2. Em segundo lugar (ANOTAR):

Q8.3. Em terceiro lugar (ANOTAR):

- a) Perto do meu trabalho
- b) Perto da escola do(s) meu(s) filho(a)(s)
- c) Pela Construtora
- d) Pelo tipo de construção
- e) Moradia mais barata
- f) Tamanho do prédio (por ser um prédio menor)
- g) Tamanho do prédio (por ser um prédio maior)
- h) Área de lazer
- i) Prédio pouco ruidoso (pouco barulhento)
- j) Perto dos serviços como padaria, drogarias, etc.
- k) As pessoas desse prédio
- l) Neste prédio moram amigos e/ou parentes
- m) Próximo a parques e áreas verdes
- n) Porque a família se mudou
- o) Outra (ANOTAR)

88. NS

99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.
----------	--------	------------	----------

(NS) (ACHA): _____

O que você entende como “Prédio pouco ruidoso”?

O que você entende como “Tipo de construção”?

E qual a importância disto? (CITAR ALGUNS MOTIVOS DA LISTA)

Q8.1.

[_____]

Q8.2.

[_____]

Q8.3.

[_____]

Q9. (C.E. p:05) Vou ler algumas opções para saber qual a sua opinião em relação à **Belo Horizonte**. Na escala de 0 a 10, 0 significa discordo totalmente, 10 significa concordo totalmente, e se você tem uma opinião intermediária, escolha entre 0 e 10.

Q9.1. Identifico-me com esta cidade

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Discordo totalmente					Concordo totalmente					

Q9.1.
[]

88. NS

99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

O que você pensou em responder esta pergunta?

Q9.2. Se alguém elogiar esta cidade, eu sentiria como um elogio pessoal

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Discordo totalmente					Concordo totalmente					

Q9.2.
[]

88. NS

99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

Q9.3. Se alguém criticar esta cidade, eu sentiria como um insulto pessoal

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Discordo
totalmente

Concordo
totalmente

Q9.3.
[]

88. NS

99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

Q9.4. Esta cidade faz parte da minha história

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Discordo
totalmente

Concordo
totalmente

Q9.4.
[]

88. NS

99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

O que você pensou em responder esta pergunta?

Q10. (C.E. p:05) Agora, vou ler algumas opções para saber qual a sua opinião em relação **ao seu bairro**. Na escala de 0 a 10, 0 significa discordo totalmente, 10 significa concordo totalmente, e se você tem uma opinião intermediária, escolha entre 0 e 10.

Q10.1. Identifico-me com este bairro

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Discordo totalmente					Concordo totalmente					

Q10.1.
[]

88. NS

99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

O que você pensou em responder esta pergunta?

Q10.2. Se alguém elogiar este bairro, eu sentiria como um elogio pessoal

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Discordo totalmente					Concordo totalmente					

Q10.2.
[]

88. NS

99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

Q10.3. Se alguém criticar este bairro, eu sentiria como um insulto pessoal

012345678910

Discordo totalmenteConcordo totalmente

88. NS

99. NR

R. Enun.

R. Op.

Sig. Enun.

Sig. Op.

Escala

(NS) (ACHA): _____

Q10.4. Este bairro faz parte da minha história

012345678910

Discordo totalmenteConcordo totalmente

88. NS

99. NR

R. Enun.

R. Op.

Sig. Enun.

Sig. Op.

Escala

(NS) (ACHA): _____

O que você pensou em responder esta pergunta?

Q10.3.

Q10.4.

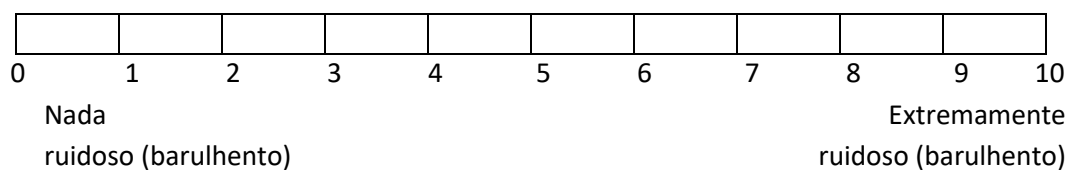
Q11. (C.E. p:06) Com qual destas afirmativas você concorda sobre o **seu bairro**?
(LER OPÇÕES 1 A 3) (PROBE PX.)

1. Você se sente em casa neste bairro,
 2. Este bairro é apenas um lugar para morar
- ou
3. Se pudesse, eu mudaria deste bairro?
88. NS
99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.
----------	--------	------------	----------

(NS) (ACHA): _____

Q12. (C.E. p:07) De maneira geral, em que medida você considera **o seu bairro** ruidoso (barulhento)? Na escala de 0 a 10, 0 significa nada ruidoso (barulhento), 10 significa extremamente ruidoso (barulhento), e se você tem uma opinião intermediária, escolha entre 0 e 10.



88. NS
99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

O que você considera como o seu bairro?

O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?

Q11.
[]

Q12.
[]

Q13. (C.E. p:05) Agora, gostaria de saber qual a sua opinião em relação **ao seu prédio**? Na escala de 0 a 10, 0 significa discordo totalmente, 10 significa concordo totalmente, e se você tem uma opinião intermediária, escolha entre 0 e 10.

Q13.1. Identifico-me com este prédio

Q13.1.
[]

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Discordo totalmente					Concordo totalmente					

88. NS

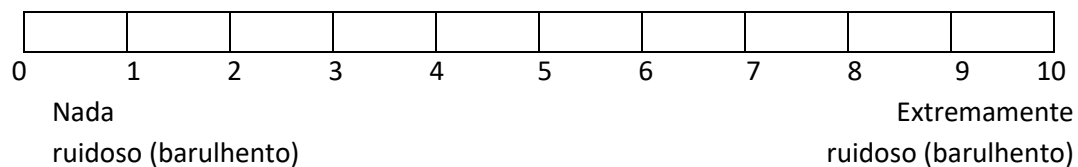
99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

O que você pensou em responder esta pergunta?

Q14. (C.E. p:07) De maneira geral, em que medida você considera **o seu prédio** ruidoso (barulhento)? Na escala de 0 a 10, 0 significa nada ruidoso (barulhento) e 10 significa extremamente ruidoso (barulhento).



Q14.
[]

88. NS

99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

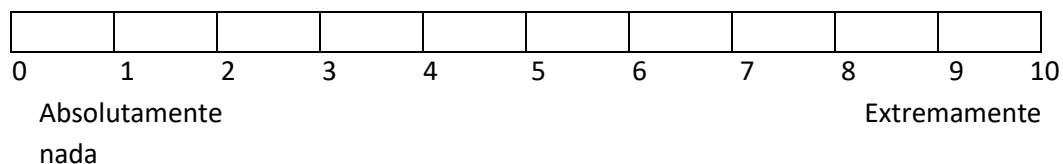
Quando você pensou em prédio, você considerou a entrada do prédio, o vizinho ou outro?

O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?

Q15A. Você escuta algum ruído (barulho) de vizinhos ou parte da edificação? Qual?
(ANOTAR)

Q15B. Em caso positivo, este vem do piso do andar superior?
(ANOTAR)

Q16. (C.E. p:08) Em que medida você escuta **o ruído (barulho) de seu(s) vizinho(s) do prédio?** Na escala de 0 a 10, 0 significa absolutamente nada e 10 significa extremamente.



88. NS

99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?

Q16.
[]

Q17. (C.E. p:09) E que medida o **ruído (barulho) do(s) seu(s) vizinho(s) do prédio** lhe incomoda? Na escala de 0 a 10, 0 significa nada incomodado e 10 significa extremamente incomodado.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nada incomodado					Extremamente incomodado					

88. NS

99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?

Q18. (C.E. p:10) Em quais momentos do seu dia você escuta o **ruído (barulho) do(s) seus vizinhos do prédio?**

- a) Durante o dia todo
- b) Somente durante a manhã
- c) Somente durante a tarde
- d) Somente durante a noite
- e) Durante a manhã e a tarde
- f) Durante a manhã e a noite
- g) Durante a tarde e a noite
- h) Durante os horários de pico (entre 7 e 9hs, durante 17 e 19hs)
- i) Escuto raramente
- j) Não escuto nunca
- k) Outro horário (ANOTAR)

NS

NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

Q17.
[]

Q18.
[]

Q19. (C.E. p:12) Em que medida você considera a **qualidade do seu apartamento em relação ao isolamento de ruído (barulho)**? Na escala de 0 a 10, 0 significa absolutamente nada e 10 significa extremamente.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Péssimo								Excelente		

88. NS

99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?

Q20. (C.E. p:12) Em que medida você considera a **qualidade de pisos e paredes do seu apartamento em relação ao ruído (barulho)**? Na escala de 0 a 10, 0 significa absolutamente nada e 10 significa extremamente.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Péssimo								Excelente		

88. NS

99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?

Q19.
[]

Q20.
[]

Q21A. Onde você morou antes de se mudar para este apartamento?

1. Casa na cidade
 2. Casa em Condomínio Fechado.
 3. Apartamento
88. NS
99. NR

Q21A.
[]

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

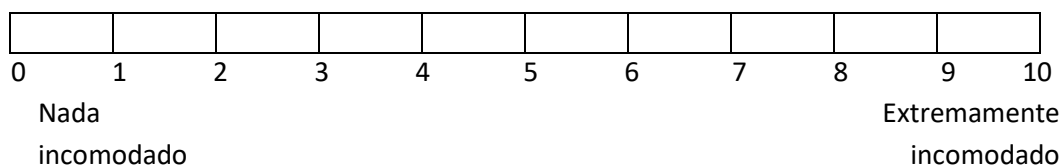
Q21B. Caso você tenha morado em apartamento, este era de cobertura?

1. Sim
 2. Não
88. NS
99. NR

Q21B.
[]

Q22A. Você percebia algum ruído (barulho) onde você morava antes? Qual?
(ANOTAR)

Q23B. (C.E. p:09) E que medida este **ruído (barulho)** lhe incomoda? Na escala de 0 a 10, 0 significa nada incomodado e 10 significa extremamente incomodado.



Q23B.
[]

88. NS
99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?

Q24. (C.E. p:11) Você se "acostumou" com este ruído (barulho) onde você morava antes?

1. Me "acostumei" e não me incomodava.
2. Me "acostumei", mas às vezes, me incomodava.
3. Não me "acostumei", mas convivia bem com o ruído (barulho).
4. Não me "acostumei", e o ruído (barulho) me incomodava muito.

88. NS

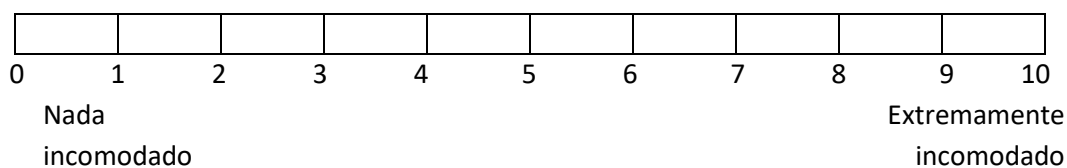
99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

O que você entende por "acostumar"?

Q25. (C.E. p:09) E que medida este **ruído (barulho) da "castanhola"** lhe incomoda? Na escala de 0 a 10, 0 significa nada incomodado e 10 significa extremamente incomodado.



88. NS

99. NR

R. Enun.	R. Op.	Sig. Enun.	Sig. Op.	Escala
----------	--------	------------	----------	--------

(NS) (ACHA): _____

O que você levou em consideração para classificá-lo dessa forma?

Q24.

[]

Q25.

[]

Horário término: _____ h _____ min

Duração da entrevista: _____ min

FOLHA DE CONTROLE SOBRE O DOMICÍLIO

Nº DO QUESTIONÁRIO: []

Nº DA RESIDÊNCIA: []

CD1. Condição da Residência:

Realizado (residência a qual foi realizada a pesquisa)

Recusa (o morador recusou-se a fazer a entrevista)

Incompleto (começou a realizar a pesquisa, mas houve desistência)

Outras

situações:

(ANOTAR)

CD2. Controle da situação de visitas à residência:

1º contato com o entrevistado

Contato por telefone

Realização da entrevista

Retorno para completar a entrevista

Outras

situações:

(ANOTAR)

VARIÁVEL	1. SITUAÇÃO DA VISITA	2. DATA	3. HORÁRIO	4. TEMPO DE DURAÇÃO DA VISITA
CD2a. 1ª Visita				
CD2b. 2ª Visita				
CD2c. 3ª Visita				
CD2d. 4ª Visita				
CD2e. 5ª Visita				
CD2f. 6ª Visita				

ANEXO E

Folheto Explicativo da Pesquisa e Carta aos Moradores distribuídos nos edifícios ensaiados

Folheto Explicativo da Pesquisa - pág. 1

MESTRANDO Juliana Barros de Rezende Arquiteta e Urbanista formada pela Escola de Arquitetura da UFMG Mestranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Estruturas da UFMG ORIENTADOR Prof. Francisco Carlos Rodrigues Prof. Associado do Departamento de Engenharia de Estruturas da UFMG CO-ORIENTADORES Prof. Marco Antônio de Mendonça Vecchi Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia de Estruturas da UFMG Prof. Emílio Suyama Prof. Adjunto do Departamento de Estatística da UFMG Informações: Departamento de Engenharia de Estruturas Laboratório de Dinâmica e Acústica Estrutural LADAE Escola de Engenharia Telefone: (31) 9105.6113 e-mail: jbarros@dees.ufmg.br	UFMG UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS ESCOLA DE ENGENHARIA CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS PROPEE-UFMG MESTRADO EM ACÚSTICA EDIFICAÇÕES Análise de desempenho acústico em edificações * Análise objetiva e subjetiva da influência do ruído de impacto de pisos no desempenho acústico de edificações * 2013
---	--

Folheto Explicativo da Pesquisa - pág. 2

DO QUE TRATA A PESQUISA?

Estamos iniciando uma pesquisa de percepção do incômodo gerado pelo ruído de impacto de pisos em edificações residenciais na cidade de Belo Horizonte, através de entrevistas com os moradores e ensaios acústicos nos apartamentos.

Serão efetuadas comparações dos resultados ensaiados com os critérios estabelecidos na norma de edificações, a ABNT NBR 15575:2013 - Desempenho de Edificações Habitacionais - que passou a vigorar em julho deste ano, e com algumas regulamentações internacionais. Com este procedimento, pretende-se avaliar se os critérios estabelecidos na ABNT NBR 15575:2013 são adequados à percepção dos usuários das edificações. Como resultado desta avaliação, poderão ser propostos novos critérios para o ruído de impacto de pisos, fundamentados nesta percepção de incômodo dos usuários.

O RUÍDO DE IMPACTO DE PISOS

O ruído pode ser definido como todo som indesejável à atividade de interesse, interferindo nos objetivos dos espaços e prejudicando a função do ambiente. No caso de edificações o ruído pode ser gerado por diversas fontes, como as aéreas e/ou as estruturais. O som gerado por uma conversa, por instrumentos musicais, por equipamentos ou tráfego urbano são exemplos de fontes de ruído aéreo. Já o impacto em pisos e o ruído hidráulico são exemplos de ruído estrutural.

Uma das mais importantes e incômodas fontes de ruído em edificações são as de impacto. Os sons produzidos por impactos causam um grande desconforto nos apartamentos vizinhos, principalmente no apartamento inferior.

Existem várias fontes de ruído de impacto em pisos, como pisadas, crianças brincando, quedas de objetos, móveis sendo arrastados, vibrações de máquinas, tais como de lavar roupa ou até ventiladores.

A NORMA DE EDIFICAÇÕES ABNT NBR 15575

As mudanças na estrutura das cidades e consequente aumento da densidade demográfica levaram à otimização e aproveitamento do espaço urbano, com a verticalização das estruturas edificadas, impulsionando assim o desenvolvimento de novas tecnologias na construção civil.

Com esta evolução, a busca por técnicas construtivas e materiais que proporcionassem maior agilidade no tempo da

construção associadas a custos menos onerosos se tornou inevitável. Esses fatores muitas vezes refletem no desempenho e na qualidade acústica das edificações.

A norma brasileira ABNT NBR 15575:2013 - Desempenho de Edificações Habitacionais - já está em vigor desde 19 de julho deste ano, e é válida apenas para edificações construídas após esta data. Essa propõe estabelecer padrões no que se refere à eficiência das edificações em nosso país, considerando desde o desempenho térmico e lumínico, até o desempenho acústico, através de parâmetros objetivos e quantitativos que podem ser medidos. Dessa forma, busca-se o disciplinamento das relações entre os elos da cadeia econômica com a rastreabilidade, a diminuição das incertezas dos critérios subjetivos através de perícias, a instrumentação do Código de Defesa do Consumidor, o estímulo à redução da concorrência predatória e um instrumento de diferenciação das empresas.

Avaliar o desempenho dos sistemas construtivos é um avanço tanto para o setor da construção civil, quanto para os consumidores que poderão exigir qualidade para suas moradias.

A AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS EDIFICAÇÕES

Este trabalho objetiva avaliar o desempenho das edificações residenciais em Belo Horizonte, quanto ao ruído de impacto de pisos, bem como caracterizar os sistemas construtivos utilizados nas construções. Para isso deverão ser realizados ensaios experimentais em conformidade às normas internacionais ISO 140-7:1998 e ISO 354:2003, com uma máquina padronizada de impacto e um medidor de nível de pressão sonora para registrar o ruído emitido por este equipamento.

As medições serão realizadas em uma dupla de apartamentos, onde serão instalados a máquina padronizada de impacto no pavimento superior e o medidor de nível de pressão sonora no pavimento inferior a fim de se determinar o nível de ruído de impacto de piso.

Para a caracterização do sistema construtivo das edificações em questão, será realizado um levantamento arquitetônico dos ambientes de ensaio para determinar suas dimensões, a tipologia e dimensões das lajes, demais componentes estruturais e respectivos revestimentos, a tipologia e dimensões dos elementos de vedação como alvenarias, portas e janelas, bem como a existência ou não

de qualquer tipo de projeto de tratamento e/ou isolamento acústicos. Caso não seja possível obter qualquer uma das informações mencionadas acima através do levantamento ou da entrevista, essas poderão ser consultadas através do manual do proprietário do edifício ou da construtora.

A ENTREVISTA

Paralelamente à avaliação objetiva através das medições, propõem-se estabelecer critérios de avaliação subjetiva do incômodo gerado pelo ruído de impacto. Estes, por sua vez, serão obtidos através de entrevistas a serem realizadas com os moradores dos apartamentos.

As entrevistas serão realizadas presencialmente, após as medições e com o máximo de moradores do apartamento, com uma maior variabilidade possível de idade e sexo, sendo estes importantes critérios para avaliar a audibilidade.

Os entrevistados responderão um questionário de vinte e sete perguntas que abordam assuntos como a relação do entrevistado com a cidade, com o bairro e com o prédio, o grau de audição do entrevistado, a qualidade ambiental, a qualidade do apartamento, os vizinhos, os ruídos externos e internos, a expectativa dos moradores quanto ao isolamento do som no apartamento, qualidade de isolamento de paredes e pisos.

O entrevistador foi treinado para registrar objetivamente e com precisão as respostas dos entrevistados. A identificação dos participantes nunca será revelada para outra pessoa, grupo ou organização. A equipe de pesquisa assinou um termo de compromisso que a obriga a cumprir rigorosamente e essa regra de garantia do sigilo dos dados.

Contamos sua participação nesta pesquisa, pois ela é muito importante e suas opiniões extremamente valiosas.

Carta aos Moradores



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS
PROPEEs-UFMG

MESTRADO EM ACÚSTICA DE EDIFICAÇÕES

Análise de desempenho acústico em edificações

"Análise objetiva e subjetiva da influência do ruído de impacto de piso no desempenho acústico de edificações"

MESTRANDO:

Juliana Barros de Rezende, Arquiteta e Urbanista formada pela UFMG (2002).

ORIENTADOR:

Francisco Carlos Rodrigues, Professor Associado do Departamento de Engenharia de Estruturas da UFMG.

CO-ORIENTADORES:

Marco Antônio de Mendonça Vecci, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Estruturas da UFMG;

Emílio Suyama, Professor Adjunto do Departamento de Estatística da UFMG.

Prezado (a) Sr. (a),

Estamos realizando uma pesquisa de percepção do incômodo gerado pelo ruído de impacto de pisos em edificações residenciais na cidade de Belo Horizonte, através de entrevistas com os moradores e ensaios acústicos nos apartamentos.

Gostaríamos de comunicá-los que este edifício foi selecionado para a pesquisa, bem como uma dupla de apartamentos onde serão realizados os ensaios experimentais, e instalados uma máquina geradora de ruído de impacto padrão no pavimento superior e um medidor de pressão sonora no pavimento inferior a fim de se determinar o nível de ruído de impacto de piso. Trata-se de uma máquina que fará um ruído semelhante às várias fontes de ruído de impacto em pisos como queda de objetos, pisadas, etc.

As medições durarão aproximadamente uma hora e o ruído do equipamento poderá ser percebido em outros apartamentos do edifício além daqueles selecionados.

Esperamos contar com sua compreensão e participação.

Abaixo, estão apresentados os apartamentos em que serão realizados os ensaios, a data e hora de início.

Apartamentos:

Data:

Hora:

Caso o Sr. (a) julgue necessário obter outras informações sobre a pesquisa que estamos realizando, por favor ligue para os responsáveis nos números (31) 3409.1993, (31) 3286.8494 ou (31) 9105.6113 (dias úteis).

Estamos a sua disposição!

Atenciosamente,

Juliana Barros de Rezende
Arquiteta e Urbanista

ANEXO F

Certificados de calibração dos equipamentos utilizados nas medições

Certificado do Medidor de Nível de Pressão Sonora



CALILAB - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E ENSAIOS
RBC - REDE BRASILEIRA
DE CALIBRAÇÃO.



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº: RBC1-8704-541

1- CLIENTE/ EQUIPAMENTO

Nome: Oppla Indústria Ltda. Endereço: Rua Francisco Deldorino, 871 - Sala 407/408 - Bolo Horizonte - PG - CEP 20310-510 Informações: 2ª entrega Equipamento: NUS Marcas: 310B Modelo: Solo Nível 31 / (Série) N1.401 Número de Série: 10034 Identificação: 077 CL Classe: 1 Referência adicional: Calibrador de Nível Sonoro (código interno 49 P117), de propriedade do laboratório, com certificação de calibração em 30C3-8340-575, 6030/83C, calibrado em 1/11/2012. Configuração do teste: ---	Data da calibração: 7/10/2013 Processo: 1.3945 Mano (referência): 020B Modelo (referência): RBC 212 Nº série (referência): 33.937 Mano (pré-amplificador): 020B Modelo (pré-amplificador): 496-21.5 Nº série (pré-amplificador): 10116
---	--

2- PADRÕES E INSTRUMENTAÇÃO

Descrição	Código	Certificado:	Exatidão:
Gerador Acústico	1144	0002 274/2012	100%
Microfone	1114	RBC 7074-465	RBC
Microfone Digital	1105	RBC 11/1/12	RBC
Atenuador Eletrostático	1149		100%
Pré-amplificador	1162		100%
Amplificador de Entrada	1136		100%

3- INFORMAÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Local da calibração: Calibração realizada nas instalações do Calilab.

Procedimento: 01-572: Método de medição de ruído (01) a norma ISO 61672-1:2005 - Binauralização - Sound level meters - Part 1: Method. O método define os testes acústicos e elétricos que integram as verificações periódicas de medições de nível sonoro fabricadas em conformidade com a norma IEC 61672-1 - Binauralização - Sound level meters. A calibração por este procedimento se aplica a medidores que tenham sua fabricação por este método com norma.

Condições ambientais: Temperatura média: 23 °C, umidade relativa média: 51 %, pressão atmosférica média: 99 kPa.

Observações gerais: 1- Os resultados apresentados referem-se à média dos valores encontrados.
2- Cada Incertezas Expandidas de Medição (U) relatada é dada como a incerteza padrão combinada de medição multiplicada pelo fator de abrangimento, para uma probabilidade de abrangimento de aproximadamente 95%.
3- O presente certificado de calibração é válido apenas para a configuração de Medidor de Nível Sonoro, conforme descrição do item 1, não sendo extensivo a quaisquer outras configurações, ainda que similares.
4- Recomendamos que o cliente mantenha registros dos resultados de aprovação de modelo de item calibrado.
5- Este certificado de calibração somente pode ser reproduzido com a aprovação para fins de divulgação em material publicitário, bem como reprodução parcial, qualquer uso contrário ao laboratório emissor. Nenhuma reprodução poderá ser usada de maneira enganosa.
6- Copie is signatory of the LAC Mutual Recognition Arrangement. Copie is signatory of a Bilateral Mutual Agreement with EA. Copie is signatory of the LAC Mutual Recognition Arrangement.

4- SUMÁRIO DOS RESULTADOS

Item	Resultado	Unidade	Resultado	Unidade
Nível de pressão sonora	26,9 dB	dB	Nível de pressão sonora	26,9 dB
Indicador de saturação	0,000		Indicador de saturação	0,000
Indicador de amplitude	0,000		Indicador de amplitude	0,000
Indicador de nível (média de 10 segundos)	26,9 dB	dB	Indicador de nível (média de 10 segundos)	26,9 dB
Indicador de nível (média de 1 minuto)	26,9 dB	dB	Indicador de nível (média de 1 minuto)	26,9 dB
Indicador de nível (média de 1 hora)	26,9 dB	dB	Indicador de nível (média de 1 hora)	26,9 dB

Execução: 

Página: 1/3

Este certificado atende aos requisitos de credibilidade pelo Copre (Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro) que ratifica a conformidade dos resultados e comprova a sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida (ou ao Sistema Internacional de Unidades - SI).

R. Est. Horizonte de A. C. Branco, 510 - São Caetano do Sul - SP - CEP 09560-380 - Fone: (11) 4223-2800 / FAX: (11) 4220-2555



CALIBLAB - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E ENSAIOS
Laboratório de Calibração Acreditado pela Cofre (Coordenação Geral de
Acreditação do Imetro) de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025 sob o
Nº 307.

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº REC-5704-543

5- RESULTADOS E DECLARAÇÃO DA INCERTEZA

Inspeção preliminar:

Antes de iniciar a calibração, o medidor e todos os seus acessórios foram inspecionados visualmente, com atenção particular a eventuais danos ou estímulos de natureza elétrica (pulsos) na grade de proteção ou dano físico ao instrumento. Todos os controles necessários foram operados para assegurar o pleno funcionamento e o estado operacional do conjunto sob teste.

Unidade Auto-gravada

medida (mV)	especificação	resultado
acurácia - dB(A)	22,7	19,2
calibração - dB(A)	25,0	9,1
estresse - dB(C)	25,0	19,2
estresse - dB(D)	25,0	20,2

Nota: O preenchimento "—" indica que não há dados para esse campo

incerteza (dB)
k=2/95
0,5

Incerteza de Nível na faixa de referência

Nível de referência (dB)	acurácia		perdação		de acordo	
	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)
94,0	120,0	-0,1	94,0	0,0	20,0	0,1
	124,0	0,0	98,0	0,0	24,0	0,2
tolerância (dB)	128,0	0,0	102,0	0,0	28,0	0,2
1,1	124,0	0,0	94,0	0,0	18,0	0,2
	120,0	0,0	90,0	0,0	14,0	0,4
incerteza (dB)	114,0	0,0	86,0	0,0	10,0	0,5
0,2	108,0	0,0	82,0	0,0	6,0	0,7
	104,0	0,0	78,0	0,0	2,0	0,6
	99,0	0,0	74,0	0,0	—	—
	94,0	0,0	70,0	0,0	—	—
	90,0	0,0	66,0	0,0	—	—
	84,0	0,0	62,0	0,0	—	—
	79,0	0,0	58,0	0,0	—	—

Incerteza de Nível Imbutido o controle de falhas: (medidor de uma única faixa de níveis)

Nível de referência (dB)	acurácia		calibração		de acordo	
	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)
94,0	—	—	—	—	—	—
tolerância (dB)	—	—	—	—	—	—
1,1	—	—	—	—	—	—
incerteza (dB)	—	—	—	—	—	—
0,2	—	—	—	—	—	—

Ponderações no tempo e na frequência em 1 kHz

referência dB(A, Fast)	acurácia (dB)		de acordo (dB)	
94,0	dB(C, Fast)	dB(D, Fast)	tolerância (dB)	incerteza (dB)
	0,0	0,0	0,4	0,1

referência dB(A, Slow)	acurácia (dB)		de acordo (dB)	
94,0	dB(A, Slow)	dB(D, Slow)	tolerância (dB)	incerteza (dB)
	0,0	0,0	0,3	0,1

Nível de pressão sonora de pico com ponderação G

Nível de referência do sinal	Nível especificado	erro	de acordo	
de 20 Hz a 12,5 kHz	(dB)	(dB)	tolerância (dB)	incerteza (dB)
0 dB re 20 µPa	129,4	0,1	2,4	0,1
senoidal positivo 500 Hz	129,4	0,1	1,4	0,1
senoidal negativo 500 Hz	129,4	0,1	1,4	0,1

Indicação de sobrecarga

valor de teste	indicação	diferença	de acordo	
senoidal positivo	(dB)	(dB)	tolerância (dB)	incerteza (dB)
senoidal negativo	128,6	0,3	1,8	0,2

Executante:

Página: 2/3



CALIBAR - Laboratório de Calibração e Ensaios

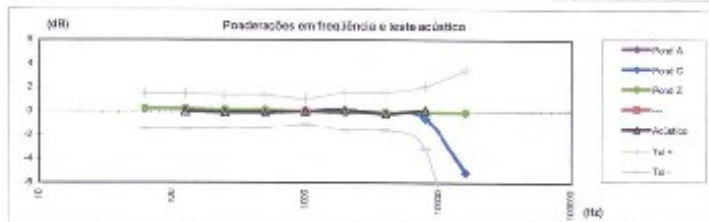
CALIBAR - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E ENSAIOS
Laboratório de Calibração Acreditado pela Órgão Coordenadora Geral de
Acreditação do Instituto de Acreditação da ABNT NBR ISO/IEC 17025 sob o
Nº 107.

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº: RUCI-R/204-541

Resposta aos tons tonais (nível de ref = 134 dB)					de acordo	
característica	valor de	valor	erro	tolerância (dB)	incerteza (dB)	
acústica	nominal	medido	(dB)			
Test	200	171,5	0,0	5,0	-3,5	5,2
Test	2	126,5	0,3	5,0	-4,4	5,2
Test	0,25	107,5	-0,3	5,0	-3,1	5,2
SCA	200	126,5	0,0	5,0	-4,4	5,2
SCA	2	107,5	0,0	5,0	-3,1	5,2
LAC	200	127,0	0,0	5,0	-3,0	5,2
LAC	2	107,0	0,0	5,0	-4,3	5,2
LAC	0,25	90,0	-5,1	5,0	-4,2	5,2

Tendências em frequência (teste eletrônico)				de acordo	
Frequência de	A	B	C	tolerância (dB)	incerteza (dB)
teste (Hz)					
60	0,1	0,2	0,2	1,5	1,5
120	0,1	0,2	0,2	1,5	1,5
250	0,1	0,1	0,1	1,5	1,4
500	0,1	0,1	0,1	1,4	1,1
1000	0,1	0,1	0,0	1,3	1,1
2000	-0,1	0,1	0,0	1,6	1,6
4000	-0,1	0,1	-0,1	1,6	1,6
8000	-0,8	-0,5	-0,4	2,1	2,1
16000	-0,2	-0,1	-0,1	3,5	2,7

Teste acústico (nível de ref = 64,0 dB) - resultados corrigidos para Campo Livre				de acordo	
Frequência de	erro de			tolerância (dB)	incerteza (dB)
teste (Hz)	Ponto C (dB)				
125	0,1			1,5	1,5
250	-0,1			1,4	1,4
500	-0,1			1,4	1,4
1000	0,0			1,3	1,1
2000	0,1			1,5	1,6
4000	-0,2			1,5	1,6
8000	0,1			2,1	2,1



Assegure-se de que o teste seja realizado de acordo com o procedimento.

* A inspeção visual no item 5 não implica em qualquer tipo de revisão técnica ou manutenção.

Definições e interpretações estão de acordo com o escopo de aplicação.

Os fatores de correção em relação ao tempo de medição não foram considerados, pois não foram fornecidos, pelo qual não foram considerados, caso o técnico de laboratório não tenha considerado o resultado será a amplitude dos dados de resposta em frequência durante este certificação.

Executante: Renê de M. Martins
Responsável Técnico

Data da emissão: 30/10/2013

Página: 3/3

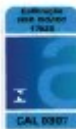
S. Gal. Humberto de A. C. Bentes, 310 - São Cristóvão do Sul - SP - CEP 09580-380 - Tel: (11) 4220-3030 / Fax: (11) 4220-2555

Certificado do Medidor de Nível de Pressão Sonora - Analisador de oitavas



TOTAL SAFETY
Calibração e Laboratório de Calibração e Ensaios de Total Safety

CALILAB - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E ENSAIOS
RBC - REDE BRASILEIRA
DE CALIBRAÇÃO



CAL 9907

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº: RBC1-8704-627

1- CLIENTE/ EQUIPAMENTO

Nome: OAPUS Acústica Ltda.
Endereço: Rua Francisco Delavente, 971 - Sala 407/409 - Belo Horizonte - MG - CEP 30320-530

Equipamento: Analisador de oitavas e frequências
Fabricante: OLSA
Modelo: Solo Master 01

Número de Série: 10034
Identificação: OLS 01

Data de calibração: 31/12/2013
Processo: 13845

2- PADRÃO E INSTRUMENTAÇÃO

Descrição	Calíbro	Certificação	Entidade
Gerador Acústico	7191	DNVCI 21226013	INMETRO
Termômetro	R108		
Higrômetro	R107		

3- INFORMAÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Local da calibração: Calibração realizada nas instalações do Calilab.

Procedimento: IT-582 Método de calibração de acordo com o Norma IEC 61260 - Octave-band and Fractional-octave-band filters.

Condições ambientais: Temperatura: 22,0 °C, Umidade Relativa: 47 %

Observações gerais:

- 1- Os resultados apresentados referem-se à média das várias ensaiações.
- 2- A incerteza expandida do Resultado (U) relativo é declarada como a incerteza padrão multiplicada de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, para uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.
- 3- O presente certificado de calibração é válido apenas para o Analisador acima descrito, não sendo extensivo a quaisquer outros, ainda que similares.
- 4- Este certificado de calibração somente pode ser reproduzido completa. Reproduções parciais requerem autorização do laboratório emissor.
- 5- Os dados de calibração são parte integrante do registro de nível sonoro modelo Solo Master 01, série / identificação 10034 / OLS 01.

Cgcre is Signatory of the ILAC Mutual Recognition Arrangement. Cgcre is Signatory of a Bilateral Mutual Recognition with DA. Cgcre is a signatory of the ILAC Mutual Recognition Arrangement.

Desenvolvido: 

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela Cgcre (Convenção Geral de Acreditação do Brasil) que avalia a competência do laboratório e compromete a sua rastreabilidade a padrões nacionais de medição ou ao Sistema Internacional de Unidades (SI).

Página: 1/4

R. Gal. Humberto de A. C. Pereira, 310 - São Caetano do Sul - SP - CEP 09360-380 - Tel: (11) 4220-2820 / FAX: (11) 4220-2755

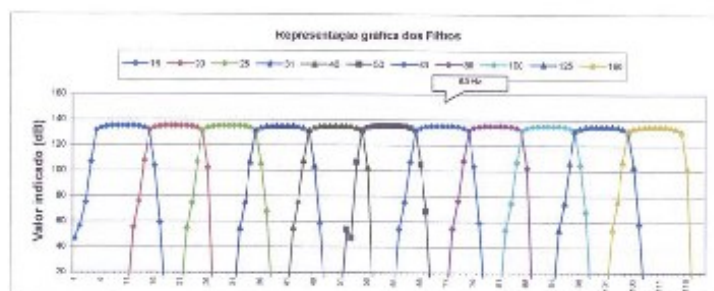


CALLAB - Laboratório de Calibração e Ensaios
a Exigência da Total Safety

CALLAB - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E ENSAIOS
Laboratório de Calibração Acreditado pelo Inmetro (Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro) de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005 (Nº 501).

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº: RBC1-8704-627

Ref. L. 8704 = 135,0 dB		TERÇOS DE OITAVAS (f _m = frequência central nominal em Hz)												+/-UI	k
Frequência	L _{Sup}	L _{Inf}	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000			
f _m = 1,184	66,0	---	96,7	97,3	98,3	97,0	97,0	98,7	97,3	97,0	96,7	96,2	---	1,0	4,00
f _m = 1,198	94,8	---	96,0	96,2	97,1	97,7	98,1	98,4	98,7	99,0	99,0	99,3	---	0,8	8,00
f _m = 1,230	93,6	---	97,0	96,5	97,0	97,7	98,6	98,8	99,0	99,2	99,2	99,4	---	0,6	2,00
f _m = 1,772	117,2	0	107,2	106,3	106,4	107,2	108,3	108,4	108,4	108,4	108,4	108,4	---	0,4	2,00
f _m = 2,681	133,3	139,7	131,6	131,5	132,4	131,6	131,5	131,4	131,4	131,5	131,5	131,5	---	0,3	2,00
f _m = 3,905	135,5	139,0	131,5	131,5	132,5	131,5	131,5	131,4	131,4	131,4	131,2	131,2	---	0,2	2,00
f _m = 5,659	136,4	139,8	131,8	131,8	132,5	131,5	131,5	131,4	131,4	131,4	131,2	131,2	---	0,2	2,00
f _m = 8,947	136,5	139,2	131,5	131,5	132,5	131,5	131,5	131,4	131,4	131,4	131,2	131,2	---	0,2	2,00
f _m = 13,694	136,5	139,4	131,5	131,5	132,5	131,5	131,5	131,4	131,4	131,4	131,2	131,2	---	0,2	2,00
f _m	136,5	139,4	131,5	131,5	132,5	131,5	131,5	131,4	131,4	131,4	131,2	131,2	---	0,2	2,00
f _m = 1,827	136,5	139,4	131,5	131,5	132,5	131,5	131,5	131,4	131,4	131,4	131,2	131,2	---	0,2	2,00
f _m = 1,856	136,5	139,4	131,5	131,5	132,5	131,5	131,5	131,4	131,4	131,4	131,2	131,2	---	0,2	2,00
f _m = 1,880	136,5	139,4	131,5	131,5	132,5	131,5	131,5	131,4	131,4	131,4	131,2	131,2	---	0,2	2,00
f _m = 1,906	136,5	139,4	131,5	131,5	132,5	131,5	131,5	131,4	131,4	131,4	131,2	131,2	---	0,2	2,00
f _m = 1,932	136,5	139,4	131,5	131,5	132,5	131,5	131,5	131,4	131,4	131,4	131,2	131,2	---	0,2	2,00
f _m = 1,956	136,5	139,4	131,5	131,5	132,5	131,5	131,5	131,4	131,4	131,4	131,2	131,2	---	0,2	2,00
f _m = 1,987	136,5	139,4	131,5	131,5	132,5	131,5	131,5	131,4	131,4	131,4	131,2	131,2	---	0,2	2,00
f _m = 2,070	136,5	139,4	131,5	131,5	132,5	131,5	131,5	131,4	131,4	131,4	131,2	131,2	---	0,2	2,00
f _m = 2,426	136,5	139,4	131,5	131,5	132,5	131,5	131,5	131,4	131,4	131,4	131,2	131,2	---	0,2	2,00
Linearidade	A	Faixa	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		



Os pontos no eixo das frequências, não estão representados logaritmicamente. Para cada filtro são representadas as frequências de teste que podem ser calculadas pelas equações da tabela. Por exemplo: para o filtro com frequência central f_m = 1000 Hz, o ponto mais próximo da frequência central, pode ser calculado sendo: f_m x 0,773 = 773,2 Hz.

Executante:

[Assinatura]

Página: 3/4

R. Gal. Humberto de A. C. Branco, 310 - São Carlos do Sul - SP - CEP 09560-380 - Tel: (11) 4220 2600 / Fax: (11) 4220 2552

Certificado do Calibrador



CALILAB - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E ENSAIOS
RBC - REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO



CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº: RBC2-8704-458

1- CLIENTE/ EQUIPAMENTO

Data de calibração: 31/11/2013
Processo: 1284

Soma: Opus Acústico Ltda.
Endereço: Rua Rogério Rêgo, 205/301 - Bairro Andaraí - São Horácio - MT - CEP 35311-460
Equipamento: Calibrador de Nível Sonoro
Modelo: 8839
Classe: 1
Tolerância: 003,00/20/2001
Número de Série: 003 13
Identificação:

2- PADRÕES E INSTRUMENTAÇÃO

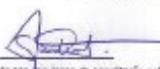
Descrição	Código	Certificado	Exatidão
Resistores 1/2 potência	P114	RSC2 50W-40	RSC
Resistores 1/2W	P106	R1552	RSC
Amplificador	P102		Barômetro Digital
Amplificador de Medição	P103		Termômetro
Resistores 1/2W	P105		Termômetro

3- INFORMAÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Local de calibração: Calibração realizada nas instalações do Calilab.
 Procedimento: IT-001: Método de Calibração (por inserção do sensor) de acordo com a norma ISO 6394:2007.
 Condições ambientais: Temperatura: 23,0 °C, Umidade relativa: 65%, Pressão atmosférica: 950,0 hPa.
 Observações gerais:

- 1- Os resultados apresentados referem-se à média das leituras consecutivas.
- 2- A Incerteza Expandida de Medição relatada e declarada como a incerteza padrão controlada de medição multiplicada pelo fator de abrangência k, para uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%.
- 3- O presente certificado de calibração é válido apenas para o calibrador de nível sonoro acima descrito, não sendo extensivo a quaisquer outros, ainda que similares.
- 4- Este certificado de calibração somente pode ser reproduzido completo. Reproduções para fins de divulgação em material publicitário, bem como reproduções parciais, requerem autorização escrita do laboratório emissor. Nenhuma reprodução poderá ser usada de maneira enganosa.

I am a Signatory of the ILAC Mutual Recognition Arrangement. I am a Signatory of a Bilateral Mutual Agreement with EA. CQAB is a Signatory of the IAC Mutual Recognition Arrangement.

Executante: 
Página: 1/2

Este certificado atesta que os registros de acreditação pelo CQAB (Coordenação Geral de Acreditação do Instituto) que avaliou a competência do laboratório e comprovou a sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida (por Sistema Internacional de Unidades - SI).

R. Cal. Humberto de A. C. Barros, 317 - São Cristóvão do Sul - SP - CEP 05505-380 - Tel. (11) 4020-2630 / Fax: (11) 4020-2655



CALILAB - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E ENSAIOS
Laboratório de Calibração Acreditado pela Cgcre (Coordenação Geral)
de Acreditação do Instituto de acordo com a ABNT NBR ISO/IEC
17025 sob o Nº 307.

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº: RBC2-8704-458

4- RESULTADOS E DECLARAÇÃO DAS INCERTEZAS

Valor Nominal	Valor Medido	Tolerância	Incerteza	Unidade	k
m	999,5	0,5	0,3	g	2,00
1000 (94 dB)	1000,5	20/1	0,3	Hz	2,00

Ajustes de reparos (não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório):

(campo vazio)

Observações e interpretações (não fazem parte do escopo de acreditação do laboratório):

A calibração foi realizada com o adaptador marca D180, modelo RACH1, atendendo as exigências de rastreabilidade de 100%. A utilização de outros adaptadores pode resultar em resultados diferentes dos declarados neste certificado.


Renaldo Martins
Responsável Técnico

Data de emissão: 31/10/2013

Página: 2/2

IL, Col. Humberto de A. C. Ramos, 310 – São Carlos do Sul – SP – CEP 09560-380 – Tel: (11) 4220-2500 / FAX: (11) 4220-2555



CALLAB - LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO E ENSAIOS
 Calibrador de Micro Sondas: Medida da Distorção
OS RESULTADOS RELATADOS ABAIXO
NÃO FAZEM PARTE DO ESCOPO DE ACREDITAÇÃO

Carta Referência: DIST2-8704-458

(As medidas de Amplitude e da Frequência estão relatadas no Certificado RBC2-8704-458 emitido na mesma data)

1- CLIENTE/ EQUIPAMENTO

Data: 31/11/2013
 Processo: 13045

Nome: Opus Acústica Lda
 Endereço: Rua Rogério Fagundes, 235/301 - Bairro Anchieta - Belo Horizonte - MG - CEP 30810-950
 Equipamento: Calibrador de Micro Sondas
 Fabricante: D100
 Modelo: Cal2
 Número de Série: 2003003(2003)
 Classe: 1
 Identificação: DPF 03

2- PADRÃO E INSTRUMENTAÇÃO

Descrição	Código	Certificado	Externo
DAQ	PL75	CL2-750-002	INTERNO
Microfone: 1/2 polegada	PL14		
Pre-amplificador	PL62		
Amplificador de Medição	PL96		

3- RESULTADO DA MEDIÇÃO

Devido à incerteza de rastreabilidade nacional no momento desta calibração, a informação sobre a distorção não pode ser expressa no certificado de calibração RBC. O padrão utilizado apontado na lista acima foi calibrado por comparação e não possui sobre uma rastreabilidade a padrões nacionais de metrologia (por meio Sistema Internacional de Unidades - SI).

O critério de conformidade definido na norma ISO 9002:2007 estabelece que os desvios não devem exceder os limites de tolerância especificados (expressos na tabela). A norma estabelece requisitos de incertezas mínimos para o laboratório de calibração. O Callab atende esses requisitos.

Valor Nominal	Valor Medido (TD)	Tolerância	Incerteza	Unidade
1000 (94 dB)	1,7	±3	0,1	9,770

4- INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS

Referência aos resultados de amplitude, frequência e distorção de Certificado RBC2-8704-458 e desta Carta Referência: DIST2-8704-458.

Valor Nominal	Amplitude	Frequência	Distorção
2000 (94 dB)	de acordo	de acordo	de acordo

Reinaldo Martins
 Engenheiro responsável

Data da emissão: 31/10/2013

Página: 1/1

R. Cel. Humberto de A. C. Branco, 310 - São Caetano do Sul - SP - CEP 09580-380 - Tel: (11) 4220-2600 / FAX: (11) 4220-2555

Certificado do Termo-Higrômetro

METROTECCALIBRAÇÃO, MANUTENÇÃO, TREINAMENTO
VENDA DE INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO
QUALIFICAÇÃO TÉRMICA

Página 1/2

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

Número: R00281/13

Data da Calibração: 28/1/2013



Nome do Contratante: TOTAL SAFETY LTDA.
 Endereço: RUA GAL. HUMBERTO DE ALENCAR CASTELO BRANCO, 310 - S.C.S. - S.P.
 Nome do Solicitante: OPPUS ACÚSTICA LTDA.
 Endereço: RUA FRANCISCO DESLANDES, 971 - SALAS 407/409 - BELO HORIZONTE - M.G.
 Ordem de Serviço: 40/13
 Local da Realização da Calibração: Laboratório Metrotec.

1-CARACTERÍSTICA DO INSTRUMENTO CALIBRADO

Descrição: TERMOHIGRÔMETRO
 Marca: MINIPA Modelo: MTH-1362 Nº Série: MB1362000706

2-INFORMAÇÕES FORNECIDAS PELO CLIENTE

Identificação do Instrumento: MB1362000706

3-CONDIÇÕES AMBIENTAIS

23°C + 5°C / MÁXIMO 75%umr

4-PROCEDIMENTO INTERNO DE CALIBRAÇÃO

Procedimento de Referência: PT-064 Revisão: 03

O equipamento foi calibrado conectado ao indicador de temperatura inserido em um gerador de calor junto com o padrão. Foram realizados três ciclos de medição no(s) ponto(s) de medição confrontando o valor do padrão e do instrumento calibrado.

Procedimento de Referência: P1-066 Revisão: 03

Foram realizados três ciclos de medição do ponto inicial ao final confrontando a indicação do instrumento contra valores do padrão inseridos em um meio estável de umidade.

5-PADRÃO(ÕES) UTILIZADO(S) NA CALIBRAÇÃO

Descrição: MULTÍMETRO DIGITAL	Identificação interna Metrotec:	EP-001
Lab. Executor da Calibração: LABELO PUC R.B.C		
Nº do Certificado de Calibração: E1383/2012	Data de Validade:	ago/13
Descrição: TERMORESISTÊNCIA	Identificação interna Metrotec:	TP-080
Lab. Executor da Calibração: ECIL - RRC		
Nº do Certificado de Calibração: 6573/12	Data de Validade:	ago/13
Descrição: TERMOHIGRÔMETRO	Identificação interna Metrotec:	TP-055
Lab. Executor da Calibração: TESTO - R.B.C		
Nº do Certificado de Calibração: 24758/1 e 24758/2	Data de Validade:	jul/13

Este certificado atende aos requisitos da acreditação pelo COCER/METRO, o qual avalia a competência do laboratório e comprova sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida. O presente certificado de calibração é válido apenas para o instrumento de medição acima caracterizado, não sendo extensivo a quaisquer outros instrumentos de medição, ainda que similares. É permitida a reprodução deste certificado somente em sua forma integral. Esta calibração não isenta o instrumento do controle metrológico estabelecido na Regulamentação Metrológica.

Av. Dom Pedro II, 2.042 - B. Campestre - Santo André - SP - CEP 09080-001 - Fone/Fax: (11) 4473 3620
 Site: www.metrotec.com.br e-mail: metrotec@metrotec.com.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

Número: R00281/13

**6-RESULTADOS / INCERTEZAS DE MEDIÇÃO**

TEMPERATURA				
Capacidade:	-20	a	60	
Faixa de uso:	15	a	35	
Resolução/Valor de Uma Divisão:	0,1			
V.V.C.* °C	V.T.C.* °C	Correção °C	U 95% ± °C	k
15,0	14,7	0,2	0,27	2,00
25,0	24,6	0,4	0,27	2,00
35,0	34,5	0,5	0,27	2,00

UMIDADE RELATIVA					
Capacidade:	10	a	95		
Faixa de uso:	30	a	80		
Resolução/Valor de Uma Divisão:	0,1				
V.V.C.* %ur	V.U.C.* %ur	Correção %ur	U 95% ± %ur	k	Temp. de Calibração
30,0	30,7	-0,7	2,20	2,00	20 °C
60,0	61,5	-1,5	2,50	2,00	20 °C
80,0	81,7	-1,7	3,00	2,00	20 °C

Não houve ajuste
*

V.V.C. = Valor verdadeiro convencional.

V.T.C. = Valor indicado em temperatura equipamento em calibração.

V.U.C. = Valor indicado em unidade de item em calibração.

U 95% = É a incerteza expandida que é baseada em uma incerteza padronizada combinada multiplicada por um fator de abrangência K, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Executivo Técnico
Fabricio Artur Moro

Emissão: Santo André, 28/01/2013

Diretor Técnico
Marcio Furlaneto Pardo

Este certificado atende aos requisitos de acreditação pela CGCREINMETRO, o qual avalia e compara a do laboratório e comprova sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida. O presente certificado de calibração é válido apenas para o instrumento de medição acima caracterizado, não sendo extensivo a quaisquer outros instrumentos de medição ainda que similares. É permitida a reprodução deste certificado somente em sua forma integral. Esta calibração não isenta o instrumento do controle metrológico estabelecido na Regulamentação Metrológica.

Av. Dom Pedro II, 2.042 - B. Campestre - Santo André - SP - CEP 09080-001 - Fone/Fax: (11) 4473.3620
Site: www.metrotec.com.br e-mail: metrotec@metrotec.com.br

Certificado da Máquina de Impacto Padrão

Certificate of Calibration	
Certificate No.: 1180189	
Object	Building Acoustic Tapping Machine Nor277
Supplier	Norsonic AS
Type	Nor277
Serial number	2775688
Client	Scantek Inc. USA
Calibration complies with the following standards	
ISO 140 - 6, - 7 and - 8	
ASTM E492-04	
ASTM E1007-04e1	
Additional specifications:	
Hammer weight: (500 ± 4) g	
Hammer curvature radius: (500 ± 60) mm	
Hammer speed: $(0,886 \pm 0,022)$ m/s	
Instrumentation used for calibration traceable to	
Electrical Parameters: MT, Norway	
Mechanical parameters: Justervesenet, Norway	
Environmental Parameters: IKM, Norway, Justervesenet, Norway	
Adjustments	None
Comments	None
Date of calibration	13-okt-11
Calibration interval recommend	2 years
Reference environmental condition for calibration: $(23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, $(50 \pm 30)\% \text{RH}$	
Calibrated by	
Tor Aarvik	
Sign.	
 Norsonic AS, P.B 24, 3421 Lierskogen. Visitor address: Gunnerstråtan 2, Tranby, Norway. Phone +47 32358900 Fax: +47 32352208. email: norsonic@online.no	