

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA CIVIL**

**FERRAMENTA PARA ANÁLISE DO DESEMPENHO
ACÚSTICO DAS EDIFICAÇÕES PARA FINS DE
FINANCIAMENTO IMOBILIÁRIO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Paulo César da Rosa Righi

Santa Maria, RS, Brasil

2013

FERRAMENTA PARA ANÁLISE DO DESEMPENHO ACÚSTICO DAS EDIFICAÇÕES PARA FINS DE FINANCIAMENTO IMOBILIÁRIO

Paulo César da Rosa Righi

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de
Concentração em Construção Civil e Preservação Ambiental, da
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS),
como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Dinara Xavier da Paixão

Santa Maria, RS, Brasil

2013

Paulo César da Rosa, Righi
FERRAMENTA PARA ANÁLISE DO DESEMPENHO
ACÚSTICO DAS EDIFICAÇÕES PARA FINS DE FINANCIAMENTO
IMOBILIÁRIO / Righi, Paulo César da Rosa.-2013.
157 p.; 30cm

Orientadora: Dinara Xavier da Paixão
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, RS, 2013

1. acústica 2. isolamento sonoro 3. desempenho de edificações
4. financiamento imobiliário I. Paixão, Dinara Xavier da II. Título.

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática
da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

© 2013

Todos os direitos autorais reservados a Paulo César da Rosa Righi. A reprodução
de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte:
Endereço Eletrônico: pcrighi@gmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**FERRAMENTA PARA ANÁLISE DO DESEMPENHO
ACÚSTICO DAS EDIFICAÇÕES PARA FINS DE
FINANCIAMENTO IMOBILIÁRIO**

elaborada por
Paulo César da Rosa Righi

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

COMISSÃO EXAMINADORA:

Dinara Xavier da Paixão, Dra.
(Presidenta/Orientadora)

Giane de Campos Grigoletti, Dra. (UFSM)

Léa Cristina Lucas de Souza, Dra. (UFSCAR)

Santa Maria, 28 de fevereiro de 2013

"Os dias talvez sejam iguais para um relógio, mas não para um homem."

(Marcel Proust)

Dedico:
À Tamara, Bethania e Túlio.

AGRADECIMENTOS

À professora Dra. Dinara Xavier da Paixão, pela orientação, dedicação e incentivo à realização deste trabalho;

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, pelo apoio e pelos conhecimentos disponibilizados ao longo do curso;

Aos colegas da Pós-Graduação, pela amizade, troca de informações e contribuições ao longo deste período de convivência;

À colega Claudia Gaida Viero, pelo incentivo constante ao meu trabalho;

Ao meu irmão Marco Antônio pela colaboração no trabalho;

À minha esposa Tamara que sempre esteve pronta a me ajudar e apoiar;

À minha mãe Nilda, pelo esforço incansável e responsabilidade pela família;

À minha avó materna, Angelina Amélia pelo exemplo de vida.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

AValiação DO DESEMPENHO ACÚSTICO DAS EDIFICAÇÕES PARA FINS DE FINANCIAMENTO IMOBILIÁRIO

Autora: Paulo César da Rosa Righi
Orientador: Dinara Xavier da Paixão
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 28 de fevereiro de 2013.

Grande parte da necessidade habitacional brasileira é suprida por obras financiadas através de instituições de crédito imobiliário. As instituições financiadoras recebem como garantia o próprio imóvel financiado. Estas empresas analisam os projetos dos empreendimentos com critérios técnicos próprios para concessão de subsídios e enquadramento nos programas de habitação. Verificou-se que o principal órgão financiador do crédito imobiliário do país está participando de estudos e debates sobre a vigência da Norma ABNT 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho. Porém, em suas análises para concessão de crédito imobiliário ainda não estão contemplados os parâmetros acústicos das edificações. Considerando-se que os ruídos de tráfego e da vizinhança causam incômodo às pessoas no interior de suas residências, é possível pressupor que estas não apresentam um bom desempenho quanto ao isolamento acústico e, portanto, não estão cumprindo uma de suas finalidades, que é a de proporcionar conforto acústico a seus ocupantes. Foram analisados a Norma Técnica da ABNT, NBR 15575, Manuais Normativos da Caixa Econômica Federal, documentos técnicos e estudos disponíveis para quantificação dos parâmetros acústicos das edificações. Neste estudo, foram utilizados coeficientes de isolamento acústico determinados em ensaios de laboratório e a campo que representaram grande parte dos elementos construtivos utilizados no país. Os dados foram obtidos em livros clássicos de acústica e em trabalhos acadêmicos sobre o tema. Desenvolveu-se uma ferramenta composta por duas planilhas eletrônicas para subsidiar as análises técnicas do crédito imobiliário pelas instituições financiadoras, a fim de assegurar que sejam privilegiados os empreendimentos residenciais com melhor desempenho acústico. A Planilha “A” trata de isolamento e isolamento acústico, ou seja, referente a testes em laboratório e a campo e, a Planilha “B” trata somente de isolamento acústico, ou seja, referente a testes realizados a campo. A partir do relatório de resultados das planilhas eletrônicas, pode ser verificado o atendimento à norma de desempenho ABNT NBR 15575, bem como, o nível de desempenho acústico dos sistemas de paredes de vedação internas e externas, sistemas de pisos e sistemas de coberturas acessíveis das Edificações Habitacionais.

Palavras-chave: acústica. isolamento sonoro. desempenho de edificações. financiamento imobiliário.

ABSTRACT

Master dissertation
Post-graduate program in Civil Engineering
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

TOOL FOR ACOUSTIC PERFORMANCE ANALYSIS OF BUILDINGS FOR REAL ESTATE FINANCING PURPOSES

Author: Paulo César da Rosa Righi
Adviser: Dinara Xavier da Paixão
Date and place of defense: Santa Maria, February, 28th, 2012.

Most of the Brazilian habitation necessity is supplied by builds financed by real estate institutions. The institutions receive as guarantee the own property financed. Those companies analyze the projects of the enterprises according to technical and professional criteria of its own to the grant of subsidies and comply with the social habitation programs. It was found that, despite the Caixa Econômica Federal is the main financing entity of the real estate business of the country and participating of studies and debates about the validity of the ABNT 15575 norm – Housing Buildings – Performance, in their analysis to the grant of real estate credit the buildings' acoustic parameters are not contemplated yet. Considering that both traffic and neighbors noise bother the people inside their residences it's possible to presume that those buildings do not show a proper performance about acoustic insulation, and, therefore, it isn't complying with of its purpose that is to provide acoustic comfort. The Technical Norms of ABNT NBR 15575, internal normative manuals of the Caixa Econômica Federal, technical documents and studies for the quantification of the acoustic parameters of the buildings were analyzed. In this study acoustic isolation coefficients determined in laboratory and field tests that represent most of the constructive elements used in this country, with data obtained through classical acoustic books and academic works about the subject were used. Were developed a tool composed by 2 electronic worksheets to subsidize the technical analysis of the real estate by the financial institutions in order to ensure that the priority be given to residential enterprises with better acoustic performance. The Worksheet "A" is about insulation and acoustic insulation, it means, relative to laboratory and field tests and, the Worksheet "B" is only about acoustic insulation, in other words, relative to field tests. From the report of the worksheets' results, will be suggested the creation of one annex to the Caixa Econômica Federal Engineering Analysis Report, in order to contemplate the acoustic performance of the housing and to verify the minimum attendance to the performance norm ABNT 15575, as well as, the attendance level (minimum, intermediate or superior) of the forefront systems, inner seal walls, floor systems and coverage of the housing buildings.

Key words: acoustics. sound insulation. building's performance. real estate financing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Escala de audibilidade	36
Figura 02 - Efeitos do ruído no organismo do homem.....	38
Figura 03 - Exemplo de situação onde os níveis sonoros dependem simultaneamente de tipos de fontes distintas	40
Figura 04 - Representação esquemática do fenômeno da difração	41
Figura 05 - Efeito de barreira acústica criado por um edifício entre a via e o receptor	41
Figura 06 - Ruído transmitido por ar e estrutura.....	44
Figura 07 - Curva típica de índice de redução sonora para paredes simples	45
Figura 08 - Efeito da coincidência	46
Figura 09 - Curva típica de Índice de Redução Sonora – R – para paredes simples espessas	47
Figura 10 – Modelo esquemático das câmaras e do corpo de prova.	51
Figura 11 – Modelo esquemático da medição do isolamento sonoro em edifício, com as diferentes trajetórias do som.....	54
Figura 12 - Curva de referência da perda de transmissão	56
Figura 13 - Ilustração esquemática de uma separação composta.....	58
Figura 14 - Exemplo de como encontrar L'_{nw}	60
Figura 15 - Destinação dos recursos do PMCMV 2	85
Figura 16 – Planilha A – Desempenho acústico da parede de vedação externa - Fachada.....	118
Figura 17 – Planilha A – Localização do empreendimento quanto à classe de ruído	118
Figura 18 – Planilha A – Escolha dos materiais e determinação do índice ponderado do elemento.....	119
Figura 19 – Planilha A – Fachada com R_w 43 dB na classe de ruído I com desempenho Superior	119
Figura 20 – Planilha A – Fachada com R_w 43 dB na classe de ruído III com desempenho Intermediário.....	120
Figura 21 – Planilha A – Desempenho acústico das paredes de vedação interna	121

Figura 22 – Planilha A – Desempenho acústico do sistema de pisos.....	122
Figura 23 – Planilha A – Verificação do desempenho do sistema de pisos quanto ao nível de pressão sonora de impacto $L'_{nT,w}$	123
Figura 24 – Planilha A – Desempenho acústico do sistema de coberturas	123
Figura 25 – Planilha A – Quadro resumo do desempenho acústico	124
Figura 26 – Planilha A – Gráfico do percentual de atendimento à norma por sistema construtivo	125
Figura 27 – Planilha B – Desempenho acústico da parede de vedação externa - Fachada	126
Figura 28 – Planilha B – Desempenho acústico das paredes de vedação interna	127

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Parâmetros acústicos de verificação do nível de pressão sonora	64
Quadro 02 — Parâmetros acústicos de avaliação dos sistemas de pisos.....	67
Quadro 03 — Parâmetros acústicos de verificação do sistema de isolamento acústico entre o meio externo e o interno, entre unidades autônomas e entre dependências de uma unidade e áreas comuns.....	71
Quadro 04 — Parâmetros acústicos de avaliação	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Sons compreendidos entre o limiar da audição e o limiar da dor.....	35
Tabela 02 – Percepção do som em relação às mudanças de nível de ruído.....	38
Tabela 03 - Valores da curva de referência dados pela norma ISO 717-1 (1996).....	57
Tabela 04 – Relação entre o Isolamento Sonoro R'_w e a percepção da inteligibilidade da fala	58
Tabela 05 – Valores máximos do nível de pressão sonora contínuo equivalente, $L_{Aeq,nT}$, medido em dormitórios	65
Tabela 06 – Valores máximos do nível de pressão sonora máximo, $L_{ASmáx.,nT}$, medido em dormitórios.....	66
Tabela 07 — Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'_{nT,w}$	67
Tabela 08 — Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$	68
Tabela 09 – Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'_{nT,w}$	69
Tabela 10– Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$	69
Tabela 11— Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$, da vedação externa de dormitório.....	71
Tabela 12 — Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, entre ambientes.....	72
Tabela 13 – Influência da $D_{nT,w}$ sobre a inteligibilidade da fala para ruído no ambiente interno em torno de 35 dB a 40 dB	73
Tabela 14 – Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$ para ensaios de campo.....	73
Tabela 15 – Diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$ para ensaio de campo.....	74
Tabela 16 – Índice de redução sonora ponderado, R_w , de fachadas.....	75
Tabela 17 – Índice de redução sonora ponderado, R_w , de componentes construtivos utilizados nas vedações entre ambientes.....	75
Tabela 18 — Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$, da vedação externa de dormitório.....	77
Tabela 19 — Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado, $L'_{nT,w}$	77

Tabela 20 – Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$, para ensaios de campo.....	78
Tabela 21 – Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado, $L'_{nT,w}$, para ensaios de campo.....	78
Tabela 22 – Resumo dos resultados de desempenho realizados em laboratório.....	98
Tabela 23 – Resultados de medições de isolamento sonora, em laboratório.....	98
Tabela 24 – Propriedades acústicas de gesso acartonado (IPT-2000, IPT-2002).....	99
Tabela 25 – R_w Vidros monolíticos comuns.....	100
Tabela 26 – R_w de Vidros laminados.....	100
Tabela 27 – R_w de Vidro laminado especial acústico.....	101
Tabela 28 – R_w de Vidros duplos.....	101
Tabela 29 – Resultados para a parede A - blocos de concreto de 190x190x290 mm, 7 MPa, vazados e ranhurados, com emboço (massa média) e reboco (massa fina).....	102
Tabela 30 – Resultados para a parede B - blocos de concreto de 140x190x290 mm, 7 MPa, vazados e ranhurados, com chapisco (massa própria), emboço (massa média) e reboco (massa fina).....	103
Tabela 31 – Resultados para a parede C - blocos de concreto de 140x190x290 mm, 7 MPa, vazados e ranhurados, com chapisco (massa própria), emboço (massa grossa) e reboco (massa fina).....	103
Tabela 32 – Resultados de R_w para paredes e divisórias pesadas usuais.....	104
Tabela 33 – Resultados de R_w em dB para paredes e divisórias leves usuais - sem material absorvente.....	105
Tabela 34 – Resultados de R_w em dB para paredes e divisórias leves usuais - com material absorvente.....	105
Tabela 35 – Resultados de R_w em dB para paredes e divisórias decorrentes de novas tecnologias – paredes e divisórias duplas.....	106
Tabela 36 – Resultados de R_w em dB para paredes e divisórias decorrentes de novas tecnologias - paredes e divisórias do sistema construtivos Bom-Plac.....	106
Tabela 37 – Índices de Isolamento sonoro (R_w) obtidos em ensaios laboratoriais.....	107
Tabela 38 – Resultados do índice de redução sonora aérea de alvenarias, de ensaios em laboratórios.....	108
Tabela 39 – Valores de R_w para duplicação de janelas com tecnologia regional.....	109

Tabela 40 – Valores de R_w para duplicação de janelas com boa estanqueidade.	109
Tabela 41 – Ensaio com piso flutuante simplificado	110
Tabela 42 – Resultados dos ensaios realizados por Brondani (2008).....	112
Tabela 43 – Resultados dos ensaios realizados por Pedrosa (2007).....	112
Tabela 44 – Resultados ensaios com tábua corrida de Ipê	113
Tabela 45 – Resultado ensaios com tacos madeira natural	113
Tabela 46 – Resultados de medições de isolamento de ruído aéreo, em campo.....	113
Tabela 47 – Tipo e características dos fechamentos de cada amostra, do edifício residencial A.....	114
Tabela 48 – Tipo e características dos fechamentos de cada amostra, do edifício residencial B.....	114
Tabela 49 – Paredes de vedação internas – Edifício Santos Dumont.....	115
Tabela 50 – Fachadas e Coberturas – Edifício Santos Dumont	116

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Tabela de dados de redução sonora ponderado – R_w	141
Apêndice B – Tabela de dados Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado - $L'_{nt,w}$	149
Apêndice C – Tabela de dados de Diferença padronizada de nível ponderada - $D_{nt,w}$ de pisos	151
Apêndice D – Tabela de dados de Diferença padronizada de nível ponderada - $D_{nt,w}$ de paredes de vedação	153
Apêndice E – Tabela de dados de diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância - $D_{2m,nt,w}$ de Paredes de Vedação Externas - Fachadas	155
Apêndice F – Tabela de dados de diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância - $D_{2m,nt,w}$ de Sistemas de Coberturas	157

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	27
1.1 Justificativa	28
1.2 Objetivos	32
1.2.1 Objetivo geral.....	32
1.2.2 Objetivos Específicos.....	32
1.3 Estrutura da pesquisa	32
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	34
2.1 O Som.....	34
2.2 Ruído para os seres humanos	36
2.3 Conforto acústico	42
2.4 Isolamento Acústico.....	43
2.4.1 Método de laboratório ou de precisão.....	51
2.4.1.1 Câmaras reverberantes.....	51
2.4.1.2 Isolação sonora	52
2.4.2 Método de engenharia – campo	53
2.4.3 Método simplificado de campo.....	54
2.4.4 Níveis ponderados de isolação e de transmissão sonora.....	55
2.4.4.1 Índice de Redução Sonora Ponderado – R_W	55
2.4.4.1.1 Isolamento acústico de elementos compostos	58
2.4.4.2 Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado - $L'_{nt,w}$	59
2.4.4.3 Diferenças padronizadas de nível ponderadas - $D_{nt,w}$ e $D_{2m nt,w}$	60
2.5 Absorção Acústica	61
2.6 A nova Norma de Desempenho da ABNT	62
2.6.1 Requisitos acústicos NBR 15575- Edificações Habitacionais – Desempenho..	63
2.6.1.1 Ruídos gerados por equipamentos prediais	64
2.6.1.2 Isolamento acústico do sistema de piso entre unidades autônomas.....	66
2.6.1.3 Isolamento acústico entre o meio externo e o interno, entre unidades autônomas e entre dependências de uma unidade e áreas comuns.....	70
2.6.1.4 Isolamento acústico entre o meio externo e o interno de coberturas	76
2.7 Outras normas da ABNT relacionadas à acústica	79
2.7.1 NBR 10.151 - Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações	79
2.7.2 NBR 10.152 - Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações	80
2.8 Programas sociais de habitação e financiamentos imobiliários no Brasil	81
2.8.1 O Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV	85
2.9 Normatização das Instituições financiadoras de habitação.....	86
2.9.1 Histórico dos Manuais Normativos da Caixa Econômica Federal.....	86
2.9.2 Manuais Normativos utilizados nas análises de crédito imobiliário.....	88
2.9.2.1 Manual Normativo AE 098 – versão 015 - Análise e Acompanhamento do Crédito Imobiliário	89
2.9.2.2 Manual Normativo HH 154 – versão 031 - Programa Nacional de Habitação Rural – PNHR – Recursos do Orçamento Geral da União - OGU.....	90
2.9.2.3 Manual Normativo HH 155 – versão 031 – Entidades – Recursos do Fundo de Desenvolvimento Social - FDS.....	91

2.9.2.4	Manual Normativo HH 151 - Construção de Empreendimentos Habitacionais – Recursos do Fundo de Arrendamento Residencial - FAR.....	91
2.9.2.5	Manual Normativo HH 117 – versão 082 - Alocação de Recursos – Recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço – FGTS e Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo - SBPE.....	92
2.9.2.6	Manual Normativo HH 120 – versão 094 - Programa Imóvel na Planta – Associativo – Recurso do Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo - SBPE..	92
2.9.2.7	Manual Normativo HH 122 – versão 120 - Programa de Apoio à Produção de Empreendimentos Imobiliários - Recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço – FGTS e Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo - SBPE.....	93
2.9.2.8	Manual Normativo HH 211 – versão 153 - Programa Imóvel na Planta – Associativo – Recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço – FGTS	93
3	METODOLOGIA	94
4	COMPILAÇÃO DE DADOS.....	97
4.1	Compilação de dados de níveis sonoros ponderados na literatura	97
4.1.1	Valores compilados na literatura de “Índice de Redução Sonora Ponderado” – R_w para diferentes materiais e sistemas construtivos.....	97
4.1.2	Valores compilados na literatura de “Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado” - $L'_{nt,w}$ para diferentes materiais e sistemas construtivos	110
4.1.3	Valores compilados na literatura de “Diferença padronizada de nível ponderada” – $D_{nt,w}$ para diferentes materiais e sistemas construtivos	113
4.1.4	Valores compilados na literatura de “Diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância” - $D_{2m,nt,w}$. para diferentes materiais e sistemas construtivos de fachadas e coberturas.	115
5	PLANILHAS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO DAS EDIFICAÇÕES	117
5.1.1	Planilha de verificação de desempenho acústico “A”	117
5.1.2	Planilha de verificação de desempenho acústico B	125
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	128
6.1	Sugestões para futuros trabalhos.....	129
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131
	APÊNDICES.....	139

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, grande parte da necessidade habitacional brasileira é suprida por obras financiadas por instituições de crédito imobiliário.

As instituições financiadoras recebem como garantia o próprio bem imóvel financiado, através de alienação fiduciária, sendo necessário para tanto, que estas empresas analisem os projetos dos empreendimentos com critérios técnicos próprios (sistemas construtivos, materiais, sustentabilidade ambiental, etc.) visando tanto a verificação da viabilidade econômica do empreendimento, quanto o atendimento de parâmetros legais para concessões de subsídios e enquadramentos nos programas sociais de habitação.

No ano de 2010, a Caixa Econômica Federal lançou o Guia de Sustentabilidade Ambiental, indicando boas práticas para habitação mais sustentável, denominado SELO CASA AZUL, como medidas para financiar o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis.

O Selo Casa Azul (CAIXA, 2010) buscou reconhecer os projetos de empreendimentos que demonstrem suas contribuições para a redução de impactos ambientais, avaliados a partir de critérios vinculados a temas como: qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética e conservação de recursos materiais, dessa forma, demonstrando a preocupação dos agentes financiadores em planejar habitações mais sustentáveis e com melhor desempenho.

Neste guia, não consta critério de acústica, embora conste conforto com destaque para térmica, ventilação e iluminação, sendo um reflexo do fato que não existe nas planilhas de avaliação das instituições financeiras o item desempenho acústico.

Em contrapartida há a Norma NBR 15575 – Edificações Habitacionais - Desempenho, onde são previstos três níveis diferentes de desempenho acústico das edificações, mínimo, intermediário e superior, sendo que o nível mínimo é obrigatório. Os requisitos apresentados nesta norma passarão a ser exigíveis a partir de 19 de julho de 2013, ou seja, 150 dias após a data de sua publicação. Assim, conforme ABNT (2013), os projetos que forem protocolados para aprovação nos órgãos públicos a partir dessa data terão de atender a essas exigências. Esta Norma

tende a alterar a relação de consumo no mercado imobiliário residencial, na medida em que, com linguagem mais objetiva e clara do que as congêneres técnicas, explica parâmetros a serem atendidos pela edificação e consequentes obrigações de consumidor, projetista, construtor, incorporador e fabricante de material.

Os altos níveis de pressão sonora nos centros urbanos são uma realidade e obrigam os seus habitantes a uma convivência com inúmeros ruídos, tais como os produzidos pelo trânsito, máquinas e equipamentos utilizados nas construções, aviões, alarmes dos automóveis e das edificações, músicas e veículos de propaganda sonorizada, vozes de pessoas, cultos religiosos, badalar dos sinos, latidos de cães e sons de outros animais.

A partir de uma definição simplificada, costuma-se chamar de ruído ao som indesejado. Com isso, aplica-se uma grande subjetividade, pois as pessoas apresentam percepções diferenciadas em situações e momentos distintos, além de serem portadoras de experiências, conhecimentos empíricos e formais, bem como de características individuais, que as fazem reagir de forma personalizada frente às situações. (PAIXÃO, 2011, p.1)

As instituições financiadoras, como é o caso da Caixa Econômica Federal - principal órgão financiador do crédito imobiliário do país - ainda não incluíram a acústica. Essa ainda não é considerada uma área de pesquisas relevantes e os periódicos científicos que publicam os trabalhos decorrentes desses estudos têm dificuldades de classificação, devido à multidisciplinaridade dos temas abordados.

1.1 Justificativa

A poluição sonora ocorre quando num determinado ambiente o som altera a condição normal de audição. Embora ela não se acumule no meio ambiente, como outros tipos de poluição, causa vários danos ao corpo e à qualidade de vida das pessoas.

O crescimento das cidades e o aumento do número de automóveis, aeronaves e outros meios de transporte que trafegam no perímetro urbano das

metrópoles vêm contribuindo para elevar ainda mais a emissão do ruído no meio urbano.

Conforme Bento Coelho (2004), o ruído faz parte da paisagem sonora das cidades. No entanto, tem de ser gerido no sentido da não interferência com os usos sensíveis como os residenciais, escolares ou hospitalares, por exemplo. As pessoas são incomodadas pelo ruído nas suas atividades ou durante o sono, de forma relativamente idêntica em todos os países. A gestão do ruído passa por uma gestão urbanística dos espaços da cidade e seus usos, dos seus meios de transporte e da dinâmica da própria cidade, logo, o enquadramento legal, em nível nacional e municipal, e a fiscalização do seu cumprimento são fundamentais. Nesse sentido, a avaliação criteriosa do ambiente sonoro e o estabelecimento de planos de redução de ruído com a sua incorporação em planos de urbanização e de pormenor são estratégias cruciais.

O atual Regime Legal sobre a Poluição Sonora constitui um quadro genérico muito interessante e completo: (i) contempla o zoneamento dos espaços urbanos de acordo com a vocação dos seus usos, atribuindo limites distintos para cada zona, nos diferentes períodos de referência, (ii) requer a avaliação do ambiente sonoro para novos projetos de urbanização, (iii) exige a elaboração de projetos de acústica para licenciamento de diversos tipos de edificações, (iv) exige a elaboração de planos de redução de ruído para as áreas onde os valores limite correspondentes às distintas zonas são ultrapassados, (v) contempla um critério de emergência do ruído para atividades ruidosas permanentes e estabelece limitações para as atividades ruidosas temporárias. Para uma grande cidade, o zoneamento atual, definindo apenas “zonas sensíveis” e “zonas mistas” parece ser relativamente limitado. Há, aqui, lugar a ação a nível municipal para a criação de novas zonas que, sem chocar com a estrutura geral poderá melhor especificar e enquadrar os objetivos de desenvolvimento municipal. (BENTO COELHO, 2004, p.3).

Em 17 de Janeiro de 2007, foi revogado, em Portugal, o Regime Legal sobre a Poluição Sonora (RLPS) e surgiu o novo Regulamento Geral de Ruído (RGR), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 9/2007, como uma necessidade de clarificação e articulação do RGR com outros regimes jurídicos, designadamente o da urbanização e da edificação e o de autorização e licenciamento de atividades. O RGR estabelece o regime legal aplicável à prevenção e controle da poluição sonora, harmonizando o regime com o Decreto-Lei n.º 146/2006, de 31 de Julho, que transpõe para a ordem

jurídica interna a Diretiva nº 2002/49/CE, relativa à avaliação e gestão de ruído ambiente.

Considerando-se que tanto o ruído de tráfego, como o ruído da vizinhança, causam incômodo às pessoas no interior de suas residências, é possível pressupor que estas não apresentam um bom desempenho quanto ao isolamento acústico e, portanto, não estão cumprindo uma de suas finalidades, que é a de proporcionar conforto acústico a seus ocupantes.

Um grupo de vias e edificações, onde não existam as pessoas e suas relações sociais, não caracterizam plenamente uma cidade. É fundamental a presença humana, numa convivência harmônica e sustentável, onde exista um rigoroso controle da poluição sonora, pois o ruído é um contaminante que não tem cor, cheiro, forma ou sabor (PAIXÃO, 2011, p.13).

A gestão do espaço urbano deverá sempre integrar o ambiente sonoro como fator determinante na percepção de qualidade ambiental por parte do cidadão. A gestão do ruído urbano passa pela redução dos níveis de ruído e pela criação de ambientes sonoros mais agradáveis, ou menos desagradáveis (incomodativos).

Os planos de redução de ruído consistem num caderno integrado de soluções que deverão ser adotadas em conjunto e de forma harmoniosa. As soluções de redução de ruído terão em conta a dinâmica própria da cidade e deverão ser desenvolvidas e implementadas sem causar problemas de outra natureza na vivência quotidiana dos cidadãos.

A criação de ambientes sonoros agradáveis poderá passar, ainda, pela introdução de novos sons ou de condições de propagação de sons existentes agradáveis que mascarem ruídos desagradáveis (BENTO COELHO, 2004, p.6).

A Organização Mundial de Saúde (OMS 2003 apud CAIXA 2010) recomenda que o nível de ruído em áreas externas de locais residenciais não ultrapasse o nível sonoro equivalente $Leq=55$ dB(A), ao apontar que o nível sonoro de até $Leq=50$ dB(A) pode perturbar, mas o organismo se adapta facilmente a ele, mas que, a partir de 55 dB(A) pode haver a ocorrência de estresse leve, acompanhado de desconforto; o nível de $Leq=70$ dB(A) é tido como o nível de desgaste do organismo, aumentando os risco de infarto, derrame cerebral, infecções, hipertensão arterial e

outras patologias; que ao nível sonoro equivalente de $Leq=80$ dB(A) ocorre a liberação de endorfinas, causando sensação de prazer momentâneo; e que níveis sonoros da ordem de $Leq=100$ dB(A) podem levar a danos e ou perda da acuidade auditiva.

A OMS divulgou, em 2011, os resultados de uma pesquisa coordenada através de sua Regional para a Europa, a qual revisou as evidências sobre os efeitos do ruído na saúde, apresentou estimativas da carga de doença decorrente nos países da Europa Ocidental e orientou sobre a quantificação dos riscos do ruído ambiental. A publicação, apoiada por uma Portaria Conjunta da Comissão Europeia de Investigação, reconhece que o ruído ambiente ocasiona uma carga de doença que, atualmente, é a segunda em magnitude dentre os fatores ambientais, perdendo somente para a poluição do ar (WHO, 2011).

Os riscos à saúde e à deterioração da qualidade de vida devido à poluição sonora urbana e sua prevenção nos edifícios residenciais são a motivação deste estudo que se fundamenta na entrada em vigor da nova Norma Brasileira ABNT NBR 15575 – Edificações Habitacionais - Desempenho. A referida Norma tem como finalidade a avaliação das edificações de acordo com as condições mínimas de conforto, habitabilidade e uso.

Observa-se que há falta de ferramentas de baixo custo, rápidas e eficazes por parte dos órgãos financiadores do mercado imobiliário, para quantificação dos índices de conforto ambiental das edificações.

De acordo com o Código de Defesa do Consumidor (BRASIL, 1990), os construtores das edificações possuem responsabilidade direta com os produtos colocados no mercado e a corresponsabilidade fica a encargo dos agentes promotores e financiadores na qualidade final (MITIDIARI FILHO, 1998), justificando a necessidade de uma ferramenta qualificada para auxiliar nas análises para concessão de crédito imobiliário por esses agentes.

Mesmo com elevado impacto inicial, com a entrada em vigor do Código do Consumidor, a indústria e o comércio adequaram-se aos novos tempos, alijando maus fornecedores e contribuindo para minorar a ilegalidade, sendo reconhecido de que houve significativo benefício à população em geral.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver uma ferramenta para subsidiar as análises de engenharia das instituições financiadoras de crédito imobiliário que atenda às premissas de desempenho acústico das edificações, correlacionando com os critérios atuais de análise e acompanhamento dos empreendimentos imobiliários.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver uma planilha de avaliação do desempenho acústico das edificações que possibilite a análise técnica pelos profissionais que trabalham nos órgãos financiadores de forma fácil, ágil e eficiente.
- Mostrar aplicabilidade às instituições financiadoras para que possam verificar o desempenho acústico das edificações financiadas.
- Fornecer subsídios para normativos internos de instituições financeiras financiadoras do crédito imobiliário e normas técnicas da ABNT.

1.3 Estrutura da pesquisa

Este estudo está organizado em seis capítulos, dos quais o primeiro trata de uma introdução à questão do desempenho acústico das edificações residenciais e a falta de uma ferramenta eficaz para quantificar este desempenho na concessão de crédito imobiliário. Aborda-se também, a utilização de índices de redução e de transmissão sonora, ponderados, conforme as premissas da NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho, que é um dos focos deste trabalho. O

segundo capítulo contém a fundamentação teórica deste estudo. O terceiro capítulo contém os métodos e procedimentos para obtenção dos dados utilizados na planilha eletrônica proposta neste trabalho, detalhando a metodologia necessária para a realização deste estudo. O quarto capítulo traz a compilação de dados obtidos e discussão dos mesmos. O quinto capítulo apresenta a ferramenta desenvolvida nesse trabalho, composta por duas planilhas eletrônicas para verificação nível de desempenho acústico das edificações de acordo com a nova norma NBR 15575 – Edificações Habitacionais - Desempenho. O sexto capítulo contém as considerações finais do estudo realizado e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O Som

O som é o resultado de uma perturbação física ou de uma vibração (onda mecânica) provocada por uma variação de pressão em relação à pressão atmosférica, propaga-se no meio através da vibração das partículas (variação de pressão) do meio em torno de uma posição de equilíbrio.

Não são todas as vibrações que produzem a sensação de audição quando atingem o ouvido humano. A sensação de som só ocorrerá quando a amplitude destas vibrações e a frequência com que elas se repetem estiverem dentro de determinadas faixas de valores (GERGES, 2000).

O estudo da geração, propagação, recepção e percepção dos sons em vários ambientes é denominado de Acústica (BISTAFA, 2006). Segundo Nepomuceno (1994), a concepção da acústica não é recente, sendo estudada desde a antiguidade por grandes filósofos renomados como Pitágoras, Aristóteles, Galileu, Torricelli, Newton, entre outros, que com o conhecimento da acústica desenvolveram suas invenções, sendo que muitas se fazem presentes na atualidade.

A acústica começou a ser estudada através da música e com o decorrer dos anos foi atribuída a outras áreas como Engenharias e Medicina (NEPOMUCENO, 1994). Com os avanços tecnológicos, a busca pela melhor maneira de transmitir e receber menor intensidade de ruídos se torna uma exigência de todos.

De acordo com Carvalho (2010), compreende-se como bel (B) a unidade utilizada para se definir a intensidade de um som. Conforme afirmam Bistafa (2006), o decibel (dB) equivale a 10 vezes um bel. O Bel recebe esse nome devido a Alexandre Graham Bell, inventor do telefone, por ser uma nova medida criada para conferência em perdas de potências nos sistemas telefônicos.

Para intensidades de som muito elevadas como, por exemplo, explosões, a velocidade de propagação da onda pode atingir valores muito elevados. A escala de pressões sonoras dos ruídos correntes é extremamente ampla, o ruído do avião pode levar a pressões sonoras alguns milhões de vezes superiores às da

conversação normal, sendo mais adequado e cômodo descrever e medir grandezas acústicas com uma escala logarítmica que se designa por escala dos decibéis. O nível de pressão sonora de 0 dB é o nível de ruído limite de audição abaixo do qual o ouvido humano já não consegue detectar e o nível sonoro de 140 dB é considerado o nível de ruído que já provoca dor, conforme exemplificado na Tabela 01.

Tabela 01 – Sons compreendidos entre o limiar da audição e o limiar da dor

P(Pa)	NPS(dB)	Observação
20	120	Avião a jato (limiar da dor)
2	100	Martelo pneumático
0,2	80	Rua
0,02	60	Escritório
0,002	40	Sala de estar tranquila
0,0002	20	Campo tranquilo
0,00002	0	Limiar da audição

Fonte - MÉNDEZ, *et al*, 1994, p. 21.

A inteligibilidade da palavra falada é um dos conceitos importantes para a avaliação do conforto acústico. Conforme Ferreira Neto (2009), a compreensão ou não da fala gerada no ambiente ao lado pode ser utilizado para caracterizar a privacidade de um ambiente acusticamente confortável. Deve-se também considerar que o aparelho auditivo humano não apresenta sensibilidade equivalente em todas as frequências, sendo mais sensível nas altas frequências e menos sensível nas baixas.

Segundo MÉNDEZ *et al.* (1994, p.18), “para que um som seja ouvido pelo homem, sua frequência tem que estar na faixa de 20 Hz a 20.000 Hz, que são os limites da audibilidade humana”. No entanto, conforme é apresentado na Figura 01, deve-se considerar que o ouvido humano não é igualmente sensível ao longo de toda esta faixa de frequência, sendo a zona mais audível situada entre 1.000 Hz e 4.000 Hz (GERGES, 2000).

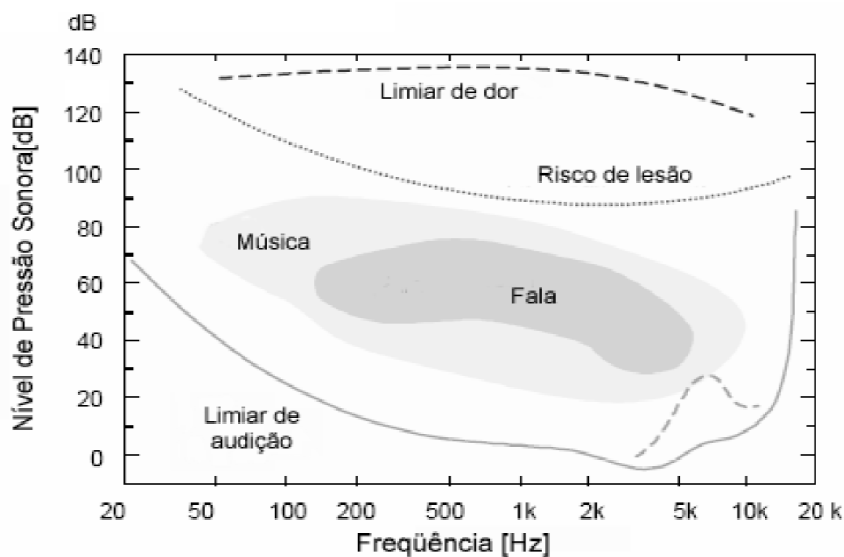


Figura 01 - Escala de audibilidade
Fonte - adaptado de GINN, 1978.

A sensibilidade do ouvido humano é diferente conforme o nível de frequência: é menos sensível nas baixas frequências. Tomando em conta este aspecto, ponderam-se os níveis (físicos) segundo a curva A. Os níveis, expressos em dB(A) refletem melhor o incômodo provocado pelos ruídos e os Medidores de Níveis Sonoros (MNS) permitem medir diretamente os níveis de dB ou de dB(A).

Estes sons audíveis ao ser humano podem ser úteis ou agradáveis, como o toque de uma campainha ou o som de um piano. Estes têm, no geral, uma composição harmônica definida. No entanto, compreendem também sons perturbadores ou desagradáveis, aos quais denominamos “ruídos”, e que se tratam de sons complexos, com uma composição harmônica não definida (MÉNDEZ et al., 1994, p. 24).

2.2 Ruído para os seres humanos

O desconforto causado pelo ruído ambiental nas edificações tem consequências emocionais e na vida social do indivíduo, esteja este ruído

relacionado aos altos níveis gerados pelo impacto nos pisos, falta de isolamento nas fachadas e entre os ambientes internos das unidades residenciais.

De acordo com Souza *et al.* (2006), o ruído pode ser classificado quanto a sua origem e ao meio de propagação. Quando gerado dentro do ambiente decorrente das atividades desenvolvidas, é caracterizado como ruído de fundo, quando originado de atividades externas é denominado ruído intruso. Quanto ao meio de propagação, é classificado de duas maneiras: como ruído aéreo, caracterizado pela propagação do som através do ar, sendo transmitidos para o ambiente através de frestas, paredes, pisos e tetos; ou como ruído de impacto, cuja propagação decorre da vibração ou impacto sobre sólido.

Bistafa (2006) coloca os diversos efeitos indesejáveis que o ruído pode causar ao ser humano. Em níveis suficientes elevados, o ruído pode causar perda da audição e aumento da pressão arterial (efeitos fisiológicos), incômodos (efeitos psicológicos), por exemplo, perturbações de sono, stress, tensão, queda do desempenho; interferência com a comunicação oral, que por sua vez provoca irritação; pode causar danos e falhas estruturais (efeito mecânico). O ruído também tem influência na tomada de decisão do consumidor, quando ele escolhe um produto mais silencioso.

Gerges (2000) fala sobre os efeitos do ruído no corpo humano e aponta problemas sérios causados pelo mesmo, tais como aceleração da pulsação, aumento da pressão sanguínea e estreitamento dos vasos sanguíneos, conforme ilustrado na Figura 2.

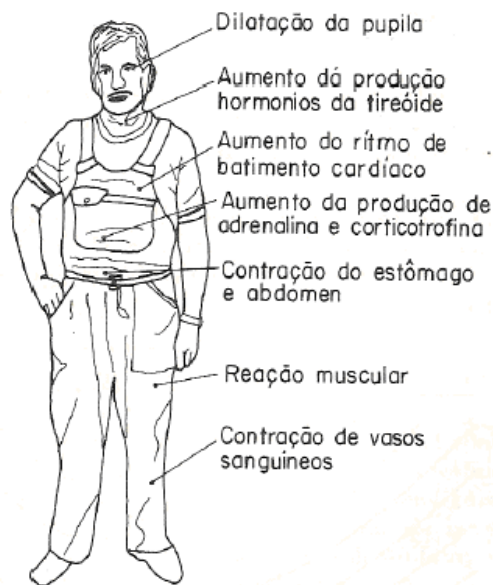


Figura 02 - Efeitos do ruído no organismo do homem

Fonte – Gerges, 2000

Diversos autores, entre eles Mehta *et al.* (1999) e Bistafa (2006), apontam resultados de estudos da percepção humana ao som e sua reação. Um resumo desses resultados é apresentado no Quadro 01, onde se verifica que a percepção do ruído é clara após um acréscimo de 5 dB(A) sobre o ruído de referência.

Tabela 02 – Percepção do som em relação às mudanças de nível de ruído

Valor em que o ruído excede a referência (dB(A))	Percepção do som
1	Imperceptível
3	Perceptível
5	Claramente perceptível
10	Mudança substancial
15	Grande diferença

Fonte - Adaptado de MEHTA *et al* (1999) apud FERREIRA NETO (2009).

Conforme Carvalho (2010), a avaliação do nível de ruído deve ser realizada por um equipamento de medição de pressão sonora denominado de sonômetro. Este por sua vez possui sua configuração conforme curva de ponderação A, a qual mais se assemelha com a audição humana, e de resposta instantânea na coleta dos

dados. A realização da medição é de fundamental importância para assegurar se o ambiente está adequado para a permanência humana sem que haja problemas futuros relacionados a sua saúde. Conforme Gerges (2000, p. 1), “o efeito do ruído no indivíduo não depende somente das suas características (amplitude, frequência, duração, etc.), mas também da atitude do indivíduo frente a ele”. Varia em cada pessoa, por esse motivo, deve ser medido no ambiente e horário em que haja maior descontentamento.

Os valores limites de exposição a ruídos externos relativos às operações urbanísticas precisam ser definidos previamente nos planos diretores das cidades para que se consiga um enquadramento do empreendimento imobiliário de acordo com as classes de ruído de referência apresentadas na Parte 4 da NBR 15575, que são: I-habitações que se localizam distante de fontes de ruído intenso de quaisquer natureza, II- habitação localizada em áreas sujeitas a ruídos não enquadráveis nas classes I e III, ou III-habitações sujeitas a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação, que servem como subsídio na definição dos requisitos acústicos dos edifícios, previstos pela mesma norma de desempenho.

É necessário que, para autorização de novos empreendimentos, sejam eles edifícios habitacionais, escolas, hospitais, espaços de lazer, entre outros, sejam verificados os limites de exposição ao ruído que serão submetidos nos respectivos locais, sendo necessário que, antes das construções, sejam efetuadas medições de dados acústicos do ruído ambiente no meio externo ou, que se faça a extração de um mapa de ruído quando disponível.

Também é necessário que após as construções para licenciamento de novas atividades seja apresentado relatório de medições de ruídos ambientais, e verificado se estes valores não violam os limites de exposição admitidos no planejamento urbanístico para o local.

De uma forma geral, os níveis de ruído propagados no exterior das edificações dependem da topografia do local, da localização e características das fontes de ruído e dos receptores, obstáculos existentes entre as fontes e os receptores, etc.

Conforme Mateus (2008), em projetos ou estudos de ruídos, é frequente recorrer a programas de cálculo automático que consideram em seus algoritmos os

principais efeitos da propagação sonora no exterior devido à divergência geométrica, atenuação por efeito de barreira, a dissipação pelo atrito com o ar, a influência do vento, a variação da temperatura e a propagação próxima da superfície do solo. Estes programas podem considerar diferentes algoritmos de cálculo em função do tipo de fonte.

A Figura 03 apresenta tipos de ruído que devem ser considerados separadamente, tais como ruído industrial, ruído de tráfego rodoviário, ruído de tráfego ferroviário e ruído de tráfego aéreo, e somados (de forma logarítmica), no final, os níveis sonoros provocados pelos diferentes tipos de fontes.



Figura 03 - Exemplo de situação onde os níveis sonoros dependem simultaneamente de tipos de fontes distintas

Fonte – Mateus (2008, p.50)

A redução dos níveis sonoros pode ser conseguida através da implantação de obstáculos, que podem ser barreiras acústicas naturais ou artificiais, entre a fonte e o receptor. A Figura 04, apresentada por Mateus (2008, p.50), mostra que, apesar de não ser possível observar a fonte de ruído do ponto receptor, mesmo que a barreira seja muito espessa e pesada, a atenuação conferida pela barreira normalmente não vai muito além de 10 dB(A), devido à transmissão por difração, sobre a crista da barreira.

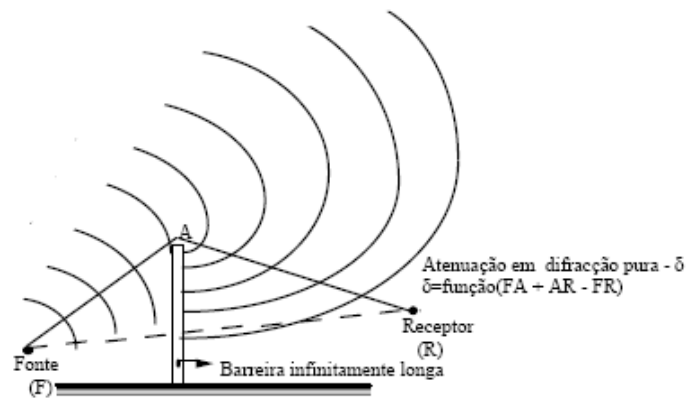


Figura 04 - Representação esquemática do fenômeno da difração
Fonte – MATEUS (2008, p.50)

O efeito de barreira acústica não obriga que haja uma barreira efetiva (muro) entre a fonte e o receptor. No caso de uma via de tráfego, este efeito pode ser conseguido através da implantação da via em zona de escavação, de taludes de aterro entre a fonte e o receptor ou através da construção de edifícios “não sensíveis” entre a via e o edifício receptor a proteger. (MATEUS, 2008)

A Figura 05 ilustra o efeito de uma barreira acústica que pode ser criada pela implantação de um edifício entre a via de tráfego rodoviário e os receptores.

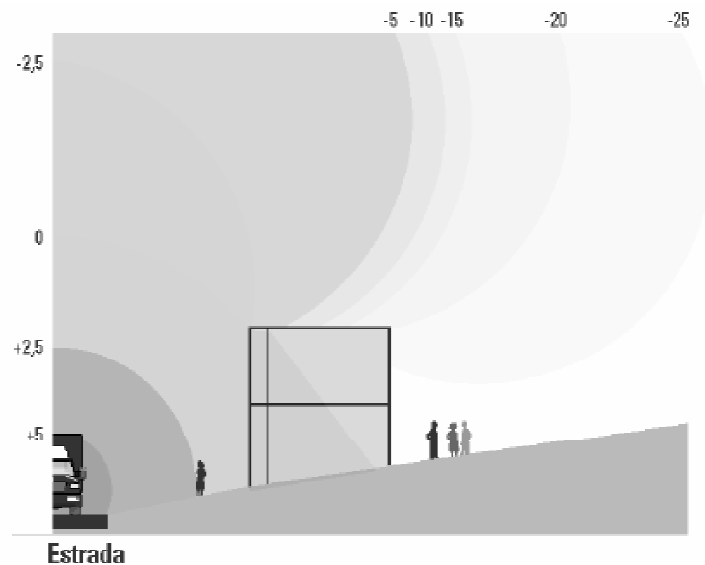


Figura 05 - Efeito de barreira acústica criado por um edifício entre a via e o receptor
Fonte – MATEUS (2008, p. 51)

2.3 Conforto acústico

Geralmente, o conforto acústico é o que se espera ter quando, por exemplo, moramos em uma casa ou apartamento e não se ouve o que os vizinhos estão conversando e vice-versa. Numa sala de reunião ou em um auditório, essa isolação é fundamental para manter a privacidade das conversas ou o perfeito entendimento das apresentações. Todas essas situações de conforto acústico podem ser obtidas através do uso de paredes, pisos e tetos adequados ao ambiente, ressaltando-se a importância da vedação dos vãos de janelas e portas. Sem uma perfeita vedação nos vãos dos ambientes, todo o trabalho e custo com os demais materiais tornam-se ineficientes para os sons aéreos, transmitidos pelas portas e janelas.

O conforto acústico não deve ser visto como luxo, mas como necessidade ligada à saúde e à qualidade de vida. Para Paixão (1997), existe uma ideia equivocada de que conforto implica necessariamente em um aumento significativo de custo, por desconhecimento das possibilidades oferecidas pela tecnologia.

A evolução tecnológica tem colocado à disposição dos profissionais de engenharia e da arquitetura, materiais alternativos – de baixo custo – que são subprodutos (lixos) industriais ou de fácil produção em grande escala. A possibilidade de utilização de tais elementos desmistifica a inacessibilidade da maioria das pessoas a tais benefícios. A melhoria das condições de conforto e habitabilidade das edificações é outro aspecto a ser considerado, pois pode até representar maior economia de recursos, com o menor desperdício de energia (PAIXÃO, 1997, p. 14).

Tratar acusticamente um ambiente significa dar-lhe boas condições de audibilidade e bloquear os ruídos externos e internos que prejudiquem essa boa audibilidade. Para tal, a acústica vem se aprimorando em dois tópicos básicos: o isolamento sonoro e a absorção acústica.

De acordo com SOUZA *et al.* (2006), nos dias de hoje, a preocupação acústica não é apenas uma questão de condicionamento acústico do ambiente, mas também de controle de ruído e preservação da qualidade ambiental. Além disso, um dos motivos de preocupação com a questão da acústica urbana é o fato de o

número de fontes produtoras de ruídos ser cada vez maior e a consequência desses ruídos para o homem ainda mais prejudiciais.

É fundamental que o conforto acústico das edificações seja pensado durante a fase de projeto da edificação para não tornar mais onerosa ou impossível a sua adequação às condições mínimas de conforto ambiental.

2.4 Isolamento Acústico

O isolamento acústico é um dos parâmetros mais importantes para o controle do ruído nas edificações, sendo considerada como isolamento acústico, a minimização da passagem do som, criação de barreira que reduz o nível de ruído transmitido de um ambiente para outro, separados por um elemento divisor qualquer (SILVA, 1997, p.88).

Os parâmetros usados para quantificar o isolamento sonoro aéreo, dependentes da frequência e expressos em bandas de terço de oitava ou em bandas de oitava, podem ser convertidos em um único número, fornecendo um índice ponderado, ou global, que caracteriza o desempenho acústico. Na prática, o valor único, em vez de um conjunto de dados em bandas de frequência, facilita a comparação e a escolha rápida de materiais; mas deve-se tomar cuidado com o seu uso e não esquecer que os parâmetros na realidade dependem da frequência.

Segundo GERGES (2000) “a energia sonora pode ser transmitida via aérea (som carregado pelo ar) e/ou via sólido (som carregado pela estrutura)”, conforme ilustra a Figura 06.

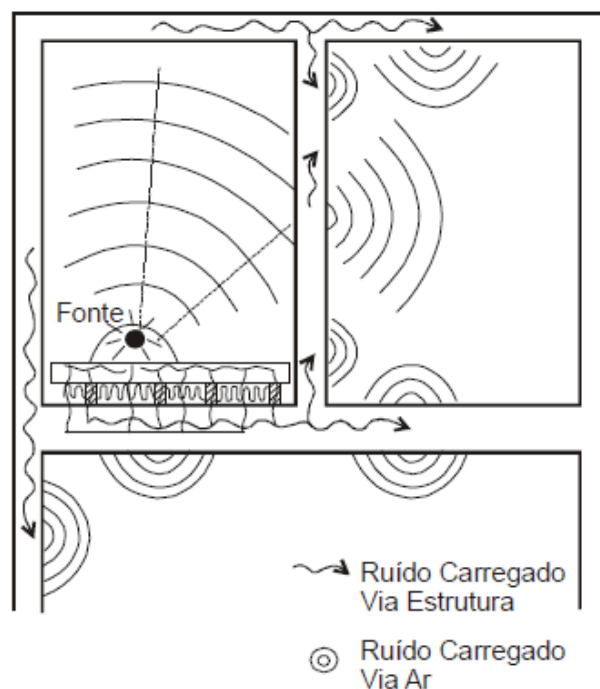


Figura 06 - Ruído transmitido por ar e estrutura
 Fonte – GERGES, 2000

Conforme Ferreira Neto (2009), ao tratar de desempenho acústico em laboratório e em campo, são utilizados dois termos que aparentemente são iguais e geralmente são confundidos: *isolação* e *isolamento*, e, por isso é importante apresentar as definições desses termos.

O termo ***isolação*** refere-se ao fenômeno acústico. A *isolação* é avaliada em laboratório e refere-se ao comportamento acústico de um único elemento construtivo isoladamente (BÁRING, 1988). A avaliação provém da relação entre a energia sonora incidente e a energia sonora transmitida pelo corpo de prova (FERREIRA NETO, 2009).

A *isolação* de uma parede simples depende, entre outros fatores, do conhecimento do espectro do ruído, uma vez que este fator é importante na escolha de materiais adequados de acordo com os mecanismos de controle, sendo eles: a rigidez, a frequência de ressonância, a massa e o efeito de coincidência.

O termo ***isolamento*** refere-se à redução do som entre dois recintos, proporcionado pelo sistema construtivo entre eles, que pode ser a fachada, parede ou piso. É a capacidade de um ambiente de ser protegido de ruídos externos ou de confinar fontes de ruído (BÁRING, 1988).

O isolamento sonoro refere-se à capacidade de certos materiais formarem uma barreira, impedindo que a onda sonora passe de um recinto a outro. Neste sentido, isolar acusticamente um recinto fechado consiste em bloquear os ruídos externos a patamares compatíveis com a atividade a ser desenvolvida no seu interior. O isolamento sonoro de um fechamento simples varia de acordo com a densidade superficial do material e com a frequência do som incidente. Assim, para uma quantificação correta, devemos conhecer o índice de redução sonora de cada material em todas as frequências audíveis.

Estas duas definições mostram que há diferença quanto ao uso dos termos *isolação* e *isolamento* no Brasil. Ferreira Neto (2009) diz que em Portugal não há uso do termo *isolação*, somente *isolamento* e utiliza em sua tese de doutorado o termo *isolação* como referente a testes de laboratório e *isolamento* quando referente a testes em campo, independente do país a que se refere o teste, da mesma forma que estão sendo adotadas neste trabalho.

O esquema de variação da perda de transmissão (PT) para fechamentos simples e homogêneos, em função da frequência, é apresentado na Figura 07, onde é possível observar quatro regiões bem definidas.

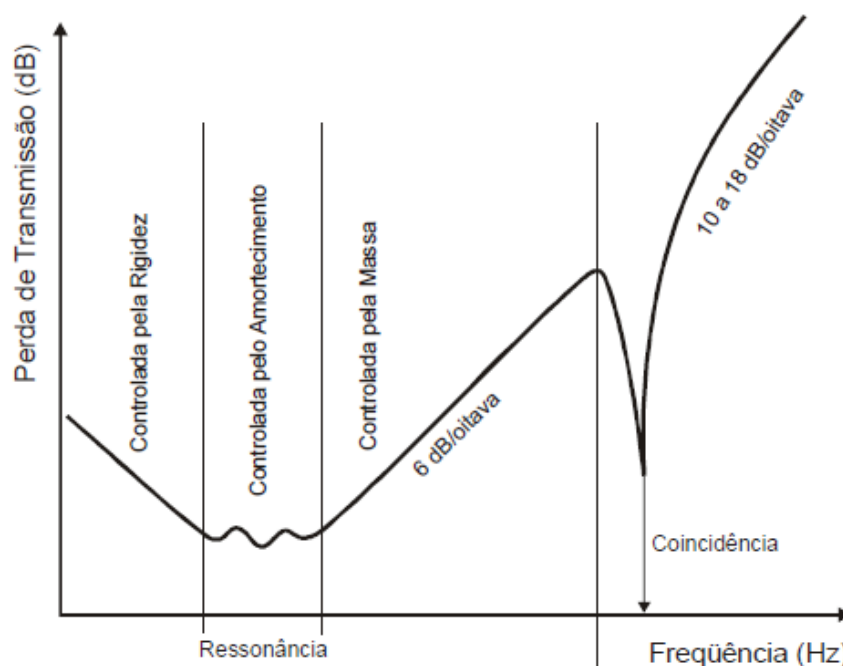


Figura 07 - Curva típica de índice de redução sonora para paredes simples
Fonte – Gerges, 2000

Na primeira região, controlada pela rigidez, para frequências muito baixas, a perda de transmissão não segue a lei da massa, dependendo principalmente das características de rigidez do fechamento. Na segunda região controlada pela ressonância, é onde aparecem as primeiras frequências de ressonância do sistema. O fechamento se comporta como uma membrana, apresentando uma série de frequências naturais de ressonância, nas quais ocorrem quedas na perda de transmissão. Essas frequências dependem das dimensões, da rigidez e da massa do fechamento. Na terceira região, controlada pela massa, ocorre em frequências superiores ao dobro da frequência da primeira ressonância e a isolamento acústico do fechamento depende da massa e da frequência incidente. Na quarta região, controlada pela coincidência, a isolamento sonora cresce de acordo com a lei da massa até certa frequência, onde se produz uma queda significativa na isolamento, devido ao fenômeno da coincidência. Esta é chamada frequência crítica f_c do fechamento.

Segundo Méndez et al. (1994), esta frequência de coincidência (f_c) acontece porque, no ar, o som se propaga por ondas longitudinais e sua velocidade é a mesma para todas as frequências. Nos sólidos, as ondas podem se propagar de diversas formas, sendo as ondas de flexão as mais importantes para fechamentos. Essas ondas se propagam com velocidade proporcional à frequência. Desse modo, haverá uma frequência crítica na qual a projeção do comprimento de onda do som incidente será igual ao comprimento de onda livre a flexão, ao longo do fechamento conforme figura 08.

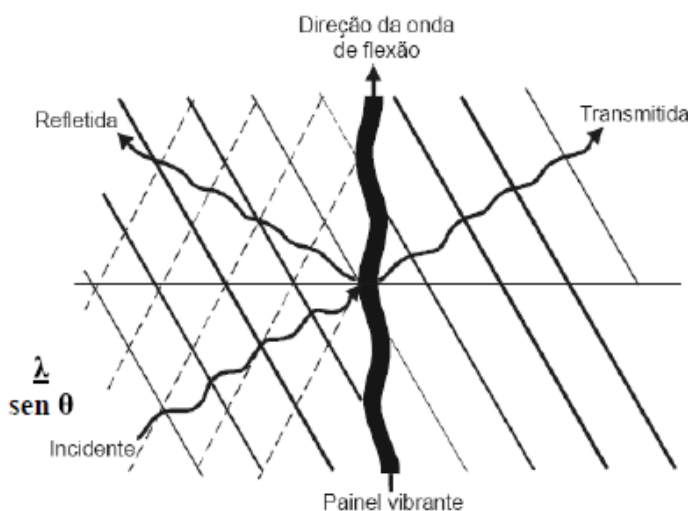


Figura 08 - Efeito da coincidência
Fonte – adaptado de MÉNDEZ et al., 1994

A Lei da Massa não pode servir como solução de todos os problemas de acústica nos ambientes, pois seria necessário aumentar consideravelmente o peso dos fechamentos, o que, muitas vezes, é inviável, por razões funcionais, de espaço e econômicas. “Uma solução para sistemas em que se requer uma alta perda de transmissão, sem o emprego de grandes massas, é o uso de paredes duplas (ou triplas)” (GERGES, 1992).

Para a região situada acima da zona controlada pela coincidência, a isolamento volta a ser comandada pela rigidez. A partir de então, passa a depender do tamanho do painel assim como dos seus contornos e do seu amortecimento interno, podendo sofrer um incremento de 10 à 18 dB a cada banda de oitava.

Paixão (2002) comprova, em sua tese, que o gráfico e as formulações mencionadas acima, são muito eficazes quando os materiais estão caracterizados como placas finas. Para a construção civil, no entanto, os materiais utilizados nem sempre podem ser definidos como fazendo parte das placas finas por terem suas dimensões muito superiores as que caracterizariam uma placa fina. Logo, a autora apresenta um novo gráfico que mostra o desempenho para placas espessas e faz uma adaptação do gráfico ilustrado na figura 08. O novo gráfico está representado na figura 09.

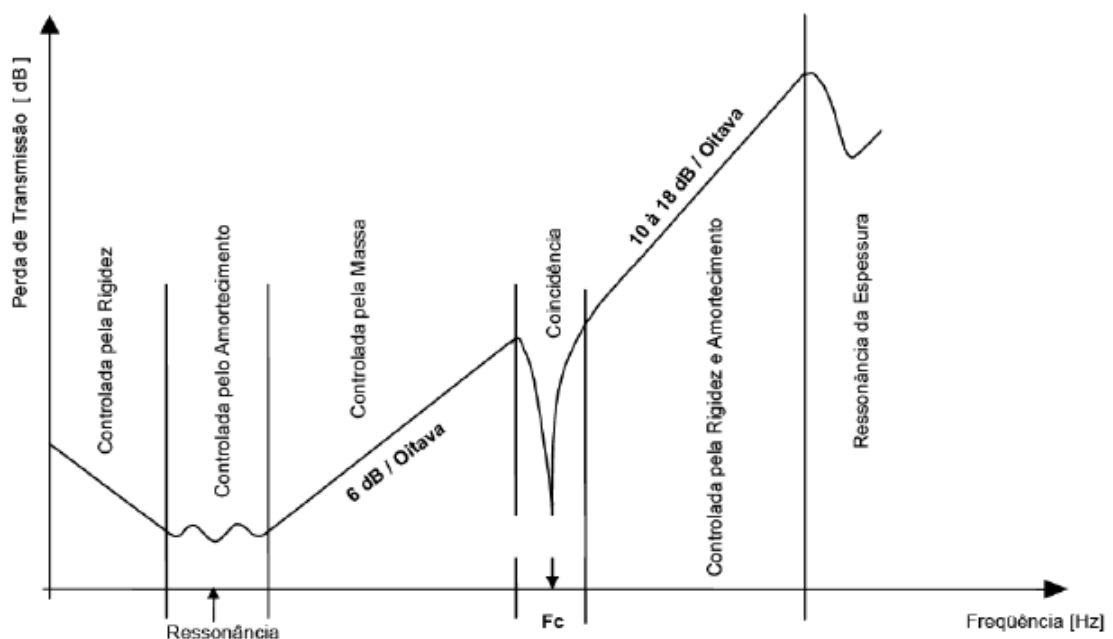


Figura 09 - Curva típica de Índice de Redução Sonora – R – para paredes simples espessas
Fonte – Paixão, 2002

Ao contrário do gráfico anterior, apresentado na figura 08, dividido em 4 regiões, esse pode ser dividido em 6 regiões, sendo estas regiões: “A”, controlada pela rigidez representando um decréscimo no Índice de Redução Sonora; “B”, controlada pelo amortecimento, onde o R é pequeno e há grande transmissão sonora; “C”, controlada pela massa, onde há um crescimento no R de 6 dB/oitava; “D”, denominada região da coincidência, que para as paredes usualmente estudadas na construção civil, é a região mais importante, devido à faixa de frequências que abrange e a acentuada diminuição que provoca no R ; “E”, controlada pela rigidez e pelo amortecimento, em que há um aumento linear no R , conforme o material utilizado e a “F”, onde surge nova diminuição no R , devido às ressonâncias relativas à espessura da parede.

De acordo com o meio de propagação, podem-se considerar dois tipos de isolamento acústico: isolamento de ruídos aéreos (quando a fonte sonora atua diretamente sobre o ar e ocorre uma passagem direta do som via parede ou painel) e o isolamento de ruído de impacto (quando a fonte sonora é uma vibração que se transmite pela passagem indireta via estrutura, lajes, vigas e pilares, ou seja, em meio sólido).

Os sons aéreos derivam da excitação direta do ar, por uma fonte sonora que, no caso dos edifícios pode ser materializada, tanto no ruído de tráfego rodoviário, ferroviário ou aeronáutico como no funcionamento de equipamentos de caráter coletivo ou individual, ou da própria conversação e atividade quotidiana.

De uma forma relativamente sumária, e tendo em atenção a sua origem, os sons aéreos que interessam para o conforto acústico nos edifícios podem se enquadrar em dois grandes grupos: sons exteriores e sons interiores.

Os sons exteriores devem-se fundamentalmente à circulação rodoviária e ferroviária. Todavia, em determinados locais próximos de instalações aeroportuárias, assim como de instalações industriais e de divertimento público, podem ser gerados campos sonoros exteriores significativamente incomodativos para os ocupantes dos edifícios que se encontram juntos, ou nas proximidades dessas infraestruturas. Os sons interiores são devidos, predominantemente, à utilização do próprio edifício e têm origem em múltiplas solicitações associadas ao seu uso pelos respectivos ocupantes.

É facilmente perceptível que os sons exteriores determinam o tipo de isolamento sonoro da envolvente dos edifícios e os sons interiores, o isolamento que é necessário de ser assegurado pelos elementos definidores da respectiva compartimentação.

Conforme Patrício (1999), o isolamento de sons aéreos depende da inércia e das características elásticas (rigidez e amortecimento interno) dos elementos definidores da compartimentação considerada, existindo diversas modelações para sua caracterização.

A caracterização do isolamento a sons de impacto realiza-se de acordo com o descrito na Norma EN ISO 140/6, para ensaios em laboratório, e na Norma EN ISO 140/7, para ensaios *in situ*, por bandas de frequências de largura de terços de oitava entre as frequências centrais de 100 Hz e 3150 Hz.

As normas em vigor apontam especificamente para a utilização de diagramas obtidos a partir de medições realizadas por bandas de frequências com a largura de 1/3 de oitava. Após a consecução deste ajustamento, o índice de isolamento sonoro corresponde ao valor da ordenada da descrição convencional de referência para a frequência de 500 Hz, sendo expresso simplesmente em dB.

Os sons de impacto resultam da excitação direta de um elemento de compartimentação qualquer e podem, devido à rigidez das ligações existentes ao longo do edifício, propagar-se com grande facilidade através de toda a malha definidora dos espaços de utilização, estabelecendo campos sonoros, eventualmente intensos, em compartimentos razoavelmente distantes do local de origem da excitação (PATRÍCIO, 2004).

O deslocamento de pessoas, a queda de objetos, o arrastar de móveis e, de um modo geral, qualquer ação de choque exercida num ponto de determinado elemento de compartimentação de um edifício produz uma excitação que se propaga por ondas elásticas a todo esse elemento, convertendo-se numa fonte de radiação de energia sonora para os elementos a que se encontra ligado. Essa energia é fortemente condicionada/influenciada pelas propriedades elásticas dos elementos presentes.

Conforme Patrício (1999), os sons de impacto podem ter um caráter mais “*incomodativo*” no comportamento acústico de um edifício, visto na sua globalidade, do que os sons aéreos. Na maior parte dos casos, as ações de impacto ocorrem com maior probabilidade nos pisos do que nas paredes. O espaço definido pelo compartimento situado imediatamente por debaixo do pavimento percutido/excitado irá apresentar um campo sonoro com intensidade mais elevada.

Ferreira Neto (2009) explica que o isolamento acústico segue procedimentos de medição e formas de cálculo por meio dos parâmetros das normas internacionais (ISO 140-4, 1995; ISO 140-5, 1998; ISO 717-1, 1996), e que estas normas estão indicadas na nova norma de desempenho de edificações habitacionais, NBR 15575 (ABNT, 2013).

Em relação ao desempenho acústico, os fechamentos (paredes, pisos, etc.) devem proporcionar isolamento acústico entre o meio externo e o interno, bem como entre unidades condominiais distintas, além de proporcionar isolamento acústico entre dependências de uma mesma unidade, quando destinadas ao repouso noturno, ao lazer doméstico e ao trabalho intelectual.

Para verificação do atendimento a este requisito de isolamento há necessidade de medições do isolamento acústico realizadas em campo ou em laboratório. Pode-se optar pelo método de laboratório, que determina a isolação sonora de elementos construtivos (parede, janela, porta e outros). O resultado é aplicável a diferentes projetos, mas, para avaliar um elemento (parede com janela, parede com porta), é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto.

Um segundo método, chamado de método de engenharia, é onde se determina, em campo, de forma rigorosa, o isolamento sonoro global da vedação externa, caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema, e o resultado obtido se restringe somente ao sistema.

Pode-se ainda optar pelo terceiro método denominado simplificado de campo, que permite obter uma estimativa do isolamento sonoro global da vedação externa em situações onde não se dispõe de instrumentação necessária para medir o tempo de reverberação, ou quando as condições de ruído de fundo não permitem obter este parâmetro.

2.4.1 Método de laboratório ou de precisão

Esse método é executado em laboratório em condições controladas e é considerado completo, tecnicamente. Geralmente são avaliados elementos construtivos como paredes, janelas, portas, divisórias, entre outros, e são realizados em câmaras reverberantes.

2.4.1.1 Câmaras reverberantes

Conforme Gerges (2000), o procedimento para o teste em laboratório requer duas câmaras reverberantes, sendo uma de emissão e outra de recepção. O corpo de prova que pode ser composto de mais de um elemento construtivo, deve ser posicionado entre as duas câmaras. Geralmente é avaliado somente um elemento construtivo. As paredes das câmaras não devem ser paralelas para ajudar na difusão da energia sonora e para evitar a formação de ondas estacionárias. As câmaras reverberantes são especialmente constituídas e qualificadas para testes de isolamento sonora de ruído aéreo. A Figura 10 mostra o modelo esquemático das câmaras e do corpo de prova.

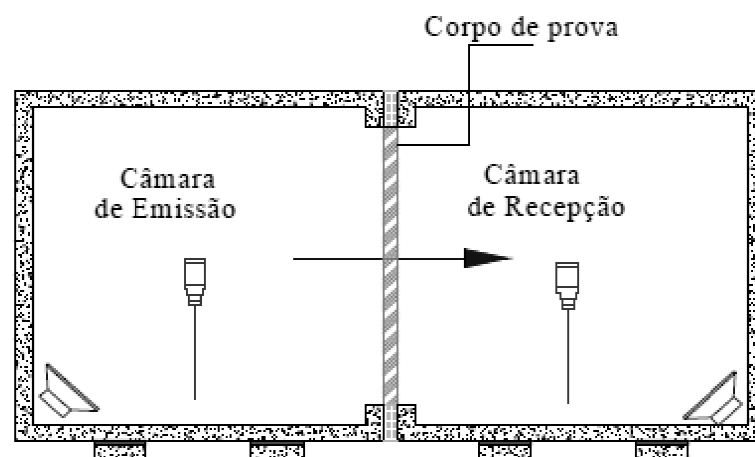


Figura 10 – Modelo esquemático das câmaras e do corpo de prova.
Fonte – Adaptado de BARRY (2005) apud FERREIRA NETO (2009)

A norma ISO 140-1 (1997) apresenta outras características para câmaras reverberantes utilizadas em testes de isolamento sonora. Determina que as câmaras de recepção e emissão devam ter volume mínimo de 50 m³ e máximo de 60 m³, não tenham mesmo volume e que a diferença entre as dimensões entre as câmaras deve ser de, no mínimo, 10%. A área do corpo de prova deve ser de aproximadamente 10 m². O tempo de reverberação não deve ser grande nem pequeno. A câmara de recepção deve ser devidamente qualificada para os testes de isolamento sonora, com o controle da reverberação por meio de difusores.

Conforme Ferreira Neto (2009), em laboratório é analisado o desempenho acústico somente do elemento construtivo, ou seja, porta, parede, janela ou divisória, porque é possível isolar o elemento do restante da estrutura da câmara.

Os testes realizados em laboratório apresentam o diferencial de que as condições, como temperatura, umidade, a própria montagem para realização dos testes, são controladas. A câmara reverberante fica isolada de qualquer vibração que possa ser propagada pela vizinhança da câmara, por meio de material resiliente localizado entre as câmaras reverberantes e sua base.

2.4.1.2 Isolação sonora

A norma ISO 140-3 (1995) apresenta os procedimentos para a realização do ensaio de isolamento sonora e obtenção do índice de redução sonora, R , por faixa de frequência em bandas de 1/1 e 1/3 de oitava. A partir desses dados, com procedimentos apresentados na norma ISO 717-1 (1996), é feito o cálculo para ponderação do índice de redução sonora, R , e obtido o valor único da isolamento sonora, isto é, **índice de redução sonora ponderado, R_w** .

2.4.2 Método de engenharia – campo

O método de engenharia em campo se aplica aos testes de isolamento de ruído aéreo de uma partição entre dois ambientes. Dos métodos utilizados em campo, este é tecnicamente mais completo e, portanto, recomenda-se a sua utilização (BARRY, 2006).

Os testes de isolamento de ruído aéreo em campo também obedecem aos procedimentos das normas ISO 140-4 (1998) - *Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms*.

Para obtenção do número único de isolamento é utilizada a norma ISO 717-1 (1996) - *Rating of Sound Insulation in Building Elements Part 1: Airborne Sound Insulation*.

A avaliação do tempo de reverberação é realizada seguindo a norma ISO 354 (2003) - *Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room*.

A norma ISO 140-4 (1998) apresenta os procedimentos para a realização da medição do isolamento sonoro e obtenção, entre outros parâmetros, da **diferença padronizada de nível, D_{nT}** , por faixa de frequência de 1/1 e 1/3 de oitava. A partir desses dados, com os procedimentos apresentados na norma ISO 717-1 (1996), é feito o cálculo para a ponderação da diferença de nível padronizado, D_{nT} , e obtido o valor único de isolamento sonoro, isto é, diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$.

Os testes em campo não apresentam o controle das condições ambientais como ocorre nos testes realizados em laboratório. Em campo, também não é possível isolar a parede que está sendo avaliada, como em laboratório e, de um modo especial a parede de alvenaria, que está rigidamente ligada ao piso e ao teto. Por isso, o som que chega ao ambiente de recepção é o som transmitido pela parede em avaliação, pelo piso, e pelo teto, conforme é apresentado em desenho esquemático, na Figura 11.

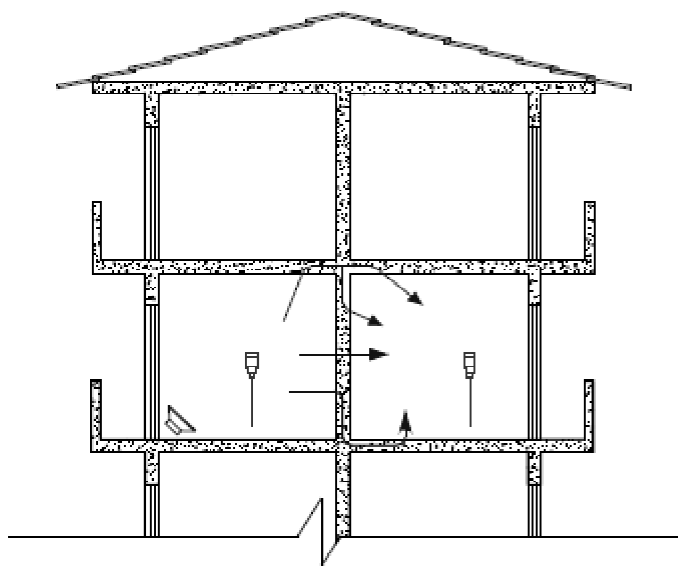


Figura 11 – Modelo esquemático da medição do isolamento sonoro em edifício, com as diferentes trajetórias do som.

Fonte – Adaptado de BARRY (2005) apud FERREIRA NETO (2009)

Como o que se avalia em campo é o isolamento do sistema construtivo e não a isolação sonora de elementos construtivos, o cálculo a ser feito é diferente. Em laboratório obtêm-se o índice de redução sonora, R , e o índice de redução sonora ponderado, R_w . Em campo, obtêm-se a diferença de nível entre as salas de emissão e recepção, simplesmente D . Posteriormente, pode-se obter a diferença normalizada de nível, D_n , que tem como referência a área equivalente de absorção da sala de recepção, e com a sua ponderação, obtêm-se a diferença normalizada de nível ponderada, $D_{n,w}$. Ainda em campo, pode-se também obter a diferença padronizada de nível, D_{nT} , que tem como referência o tempo de reverberação, também da sala de recepção, e com a ponderação obtêm-se a diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$.

2.4.3 Método simplificado de campo

O método simplificado de campo do isolamento de ruído aéreo segue os procedimentos estabelecidos na norma ISO 10053 (2004). Este método segue, em

grande parte, o método de engenharia, que foi mencionado no item 2.4.2, com a diferença de que não há medição do tempo de reverberação no ambiente receptor. O método de engenharia estabelece que o tempo de reverberação deve ser medido. Já o método simplificado apresentado na norma ISO 10052 (2004) não exige a realização dessa medição, seja pela inexistência de equipamentos adequados ou pela impossibilidade de medir devido ao alto nível de ruído de fundo. Sem a medição do tempo de reverberação a norma estabelece que sejam utilizados o valor do tempo de reverberação, T , estimado a partir de tabelas dadas pela norma e o valor do tempo de reverberação de referência, $T_0 = 0,5s$, para a realização dos cálculos.

2.4.4 Níveis ponderados de isolamento e de transmissão sonora

A Norma 15575 – Edificações Habitacionais - Desempenho (ABNT, 2013) preconiza para verificação de componentes em laboratório a utilização do “Índice de redução sonora ponderado” (R_w), considerando que para avaliar um projeto com diversos elementos (parede com janela, parede com porta, etc.) é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto. Para verificação em campo, a Norma preconiza a utilização de alguns índices como “Diferença padronizada de nível ponderada” ($D_{nt,w}$) para verificação de vedações verticais e horizontais internas, em edificações (paredes, etc.), “Diferença Padronizada de nível ponderada a 2 m de distância da fachada” ($D_{2m nt,w}$) para verificação de fachadas, em edificações, “Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado” ($L'_{nt,w}$) para verificação de sistemas de pisos.

2.4.4.1 Índice de Redução Sonora Ponderado – R_w

O Índice de Redução Sonora Ponderado (*weighted Sound Reduction Index*) R_w é o Índice de redução do som transportado pelo ar medido em laboratório, está

previsto na Norma 15575 – Edificações Habitacionais - Desempenho para verificação de componentes em laboratório.

O índice de redução sonora ponderado R_w é calculado com base na comparação entre os valores de redução sonora R medidos (16 valores para intervalos de 1/3 oitava, de 100 Hz a 3.150 Hz) e uma curva de referência. Esta se posiciona de forma, a que a média do desvio por defeito da curva medida seja inferior a 2 dB. O valor pontual medido sobre esta curva, nesta posição, relativo à frequência de 500 Hz designa-se R_w (dB). O R_w é um índice global, ou seja, um mesmo índice pode corresponder a diferentes curvas de isolamento acústica.

A Norma Internacional ISO 717 indica um método para quantificar, mediante um valor único, o isolamento a ruído aéreo dos elementos construtivos que compõem um fechamento, tais como paredes, pisos, portas e janelas. O método consiste em comparar os níveis de isolamento sonora oferecidos por um elemento, medidos em bandas de 1/3 de oitava, com uma curva de referência, conforme a Figura 12.

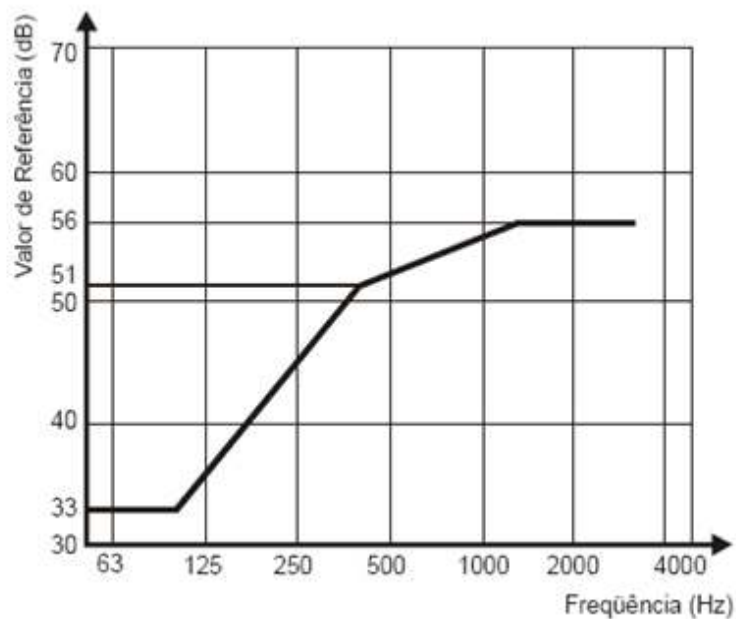


Figura 12 - Curva de referência da perda de transmissão
Fonte: ISO 717, 1996, p. 03

O procedimento para a ponderação do índice de redução sonora R_w , é o seguinte: os resultados obtidos da medição de isolamento (índice de redução sonora por faixa de frequência) devem ser plotados sobre o gráfico com os valores de

referência, constantes na norma ISO 717 (1996) e apresentados no Quadro 02. A curva de referência deverá ser deslocada na vertical até que a soma das deficiências (considera-se uma deficiência um ponto da curva dos resultados que esteja abaixo da curva de referência) seja menor ou igual a 32,0 dB nas faixas de frequência, entre 100 e 3150 Hz, em bandas de 1/3 de oitava ou menor ou igual a 10,0 dB nas faixas de frequência entre 125 e 2000 Hz, em bandas de 1/1 oitava. Definida a nova posição da curva de referência, obtêm-se o valor único do R_w' pelo valor da curva de referência deslocada, em 500 Hz.

Tabela 03 - Valores da curva de referência dados pela norma ISO 717-1 (1996)

Frequência, Hz	Valores para a curva de referência	
	1/3 Oitava	1/1 oitava
100	33	36
125	36	
160	39	
200	42	45
250	45	
315	48	
400	51	52
500	52	
630	53	
800	54	55
1000	55	
1250	56	
1600	56	56
2000	56	
2500	56	
3150	56	---

Fonte – ISO 717-1 (1996)

Lahtela (apud Ferreira Neto, 2009) apresenta um guia de isolamento sonoro para edificações de madeira, comuns na Finlândia. De forma didática, onde o autor teve o cuidado de mostrar os valores mínimos de isolamento aéreo para paredes e pisos, estabelecidos no código de edificações. Cita também que a Finlândia utiliza como parâmetro de isolamento de ruído aéreo o índice de redução sonora aparente R'_{w} . Lahtela apresenta uma relação entre o isolamento sonoro dado pelo índice de redução sonora aparente ponderado, R'_{w} e a percepção da inteligibilidade da fala. Esta relação está apresentada na Tabela 04.

Tabela 04 – Relação entre o Isolamento Sonoro R'_w e a percepção da inteligibilidade da fala

Índice de redução sonora aparente ponderado, R'_w (dB)	Percepção da Fala
< 30	A parede não impede um vizinho de ouvir o outro
< 35	Discussão normal pode ser ouvida
< 40	Discussão normal pode ser ouvida, mas as palavras não podem ser compreendidas.
< 45	Discussão normal não pode ser ouvida
< 50	Fala alta pode ser ouvida, mas as palavras podem não ser compreendidas.
< 55	Fala alta não pode ser ouvida
> 60	Grito alto pode ser ouvido, mas as palavras podem não ser compreendidas.

Fonte: (adaptado de LAHTELA 2005 apud Ferreira Neto 2009)

2.4.4.1.1 Isolamento acústico de elementos compostos

Conforme Mateus (2008), numa superfície de separação, como acontece frequentemente em fachadas de edifícios, o isolamento sonoro global depende da isolação e da área de cada um dos elementos que compõem a separação, conforme mostra a FIGURA 13.

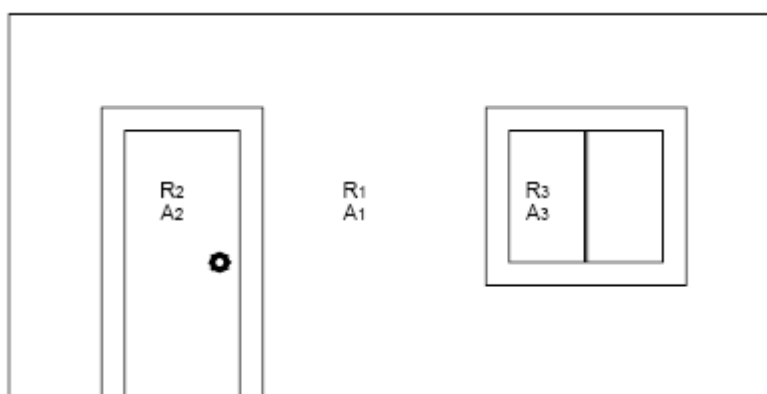


Figura 13 - Ilustração esquemática de uma separação composta
Fonte – MATEUS (2008, p.38)

No caso de uma separação composta por n elementos, cada um deles com um índice de isolamento R_{wi} e uma área S_i , onde o isolamento global da separação R_w pode ser obtido através da seguinte expressão:

$$R_w = 10 \log \left(\frac{\sum_i S_i}{\sum_i S_i 10^{(-R_{w_i}/10)}} \right)$$

Para Mateus (2008) este procedimento de cálculo pode também ser aplicado separadamente para cada banda de frequências, entrando com os valores de isolamento da curva R_i de cada elemento, de forma a obter uma curva de isolamento global da separação, em vez de um único valor R_w .

2.4.4.2 Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado - $L'_{nt,w}$

O Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado $L'_{nt,w}$ está previsto na Norma 15575 – Edificações Habitacionais - Desempenho para verificação ruído de impacto em sistemas de pisos e calculado conforme a norma ISO 717-2 (ISO, 1996), em 1/3 de oitava para o método da ISO 140-2 e em 1/1 de oitava no caso do método da ISO 10052, sendo denominado nesta norma ISO como $L'_{n,w}$.

A norma ISO 717-2: 1996 – *Impact Sound Insulation* descreve o método de obtenção do isolamento do ruído de impacto, o nível de pressão sonora de impacto normalizado ponderado ($L'_{n,w}$).

De acordo com a norma ISO 717-2, primeiramente obtém-se o gráfico com os dados do nível de pressão sonora de impacto normalizado (L'_n), em bandas de terças de oitava (100Hz a 3150Hz), em relação à frequência. A curva de referência de ruído de impacto é comparada com os dados medidos, movimentando-a verticalmente de modo que a soma dos valores desfavoráveis (valores acima da curva de referência) não exceda 32dB. Quando a curva estiver posicionada no ponto mais alto, de acordo com os critérios citados, o nível de pressão sonora de impacto normalizado ponderado (L'_{nw}) é o valor no ponto onde a curva de referência corta a linha de frequência de 500Hz. A Figura 14 mostra um exemplo de como encontrar o L'_{nw} .

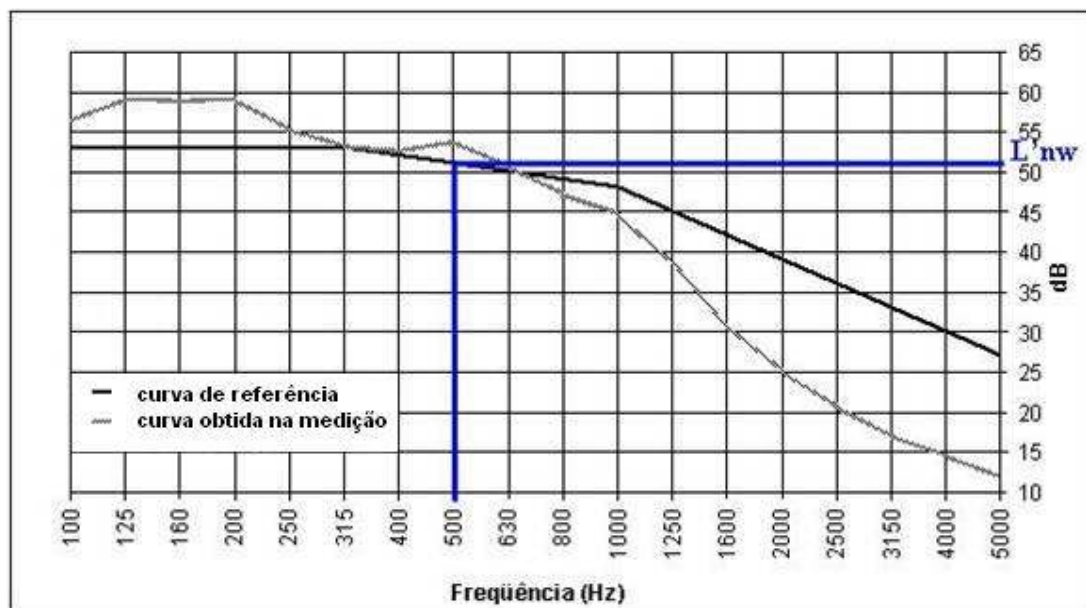


Figura 14 - Exemplo de como encontrar L'_{nw} .
 Fonte - ISO 717-2, 1996, apud Ferraz, 2008)

2.4.4.3 Diferenças padronizadas de nível ponderadas - $D_{nt,w}$ e $D_{2m nt,w}$

A diferença padronizada de nível ponderada $D_{nt,w}$ está prevista na Norma 15575 – Edificações Habitacionais - Desempenho para verificação de vedações verticais e horizontais internas (paredes, etc.) e a diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância $D_{2m nt,w}$ está prevista para verificação de fachadas e coberturas, em edificações.

A norma ISO 140-4 (1998) apresenta os procedimentos para a realização da medição do isolamento sonoro e obtenção da diferença padronizada de nível D_{nT} , por faixa de frequência de 1/1 e 1/3 de oitava. A partir desses dados, com procedimentos apresentados na norma ISO 717-1 (1996), é feito o cálculo para a ponderação da diferença de nível padronizado D_{nT} , e obtido o valor único do isolamento sonoro, isto é, diferença de nível ponderada $D_{nT,w}$.

2.5 Absorção Acústica

Outro fenômeno importante no tratamento acústico de um ambiente é a absorção acústica que minimiza a reflexão das ondas sonoras no mesmo ambiente. Consiste em atenuarem-se os efeitos dos sons em ambientes, posto que, quando um som atinge uma superfície lisa e dura, parcela significativa dele é refletida e, em caso contrário, quando atinge superfície macia, parcela significativa dele é absorvida.

Nesses casos se deseja, além de diminuir os níveis de pressão sonora no recinto, melhorar o nível de inteligibilidade. Contrariamente aos materiais de isolamento, esses materiais são materiais leves (de baixa densidade), fibrosos ou de poros abertos como, por exemplo, espumas poliéster de células abertas, fibras cerâmicas e de vidro, tecidos, carpetes, etc.

Bistafa (2006) define como um bom absorvente de som o material o material que permite às moléculas do ar penetrar e se movimentar em seu interior.

Um bom absorvente de som é o material que “respira”, ou seja, o material que permite às moléculas do ar penetrar e se movimentar em seu interior. Tecidos com trama muito estreita, que não permitem ao ar atravessá-los (por exemplo, encerados de algodão), são ineficazes, assim como aqueles que apresentam trama muito esparsa, que permitem enxergar através deles (gaze, por exemplo). Assim, percebe-se que a propriedade fundamental dos materiais absorventes é a “resistência ao fluxo de ar” – a maximização da absorção sonora requer uma resistência ótima do material. (BISTAFA,2006).

Nos materiais sólidos, os principais mecanismos de absorção sonora não existem devido a estes não permitirem que as moléculas de ar interajam com a sua estrutura. As características de absorção sonora destes materiais passam a depender da superfície destes. O coeficiente de absorção sonora de materiais sólidos depende do som incidente e da rugosidade superficial, sendo assim, quanto menos rugosa a superfície, menor é o seu coeficiente de absorção acústica.

2.6 A nova Norma de Desempenho da ABNT

No ano de 2008, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) aprovou a primeira versão da norma então intitulada como “Desempenho de Edificações”, com a finalidade de avaliação das edificações de acordo com as condições mínimas de conforto, habitabilidade e uso. Embora esta norma tenha sido formulada originalmente para edifícios de até cinco pavimentos, desde a primeira versão já informava que os critérios e requisitos estabelecidos poderiam ser aplicados a construções com mais de cinco pavimentos, excetuados os parâmetros que dependem diretamente da construção.

Desde o ano de 2008, a Norma ABNT passou por reformulações e consultas públicas, vindo a ser publicada em 19 de fevereiro de 2013 com o nome de NRB 15575 – Edifícios Habitacionais – Desempenho e entrará em vigor em 150 dias, ou seja, no dia 19 de julho de 2013. Com a vigência da norma ABNT NBR 15575 em 2013, que define desempenho acústico como sendo o comportamento em uso de um edifício e de seus sistemas, os produtos de baixa qualidade entregues aos consumidores poderão ocasionar problemas judiciais às construtoras, tornando-se útil aos consumidores por estabelecer os parâmetros de conforto da edificação, pois, conforme Mitidieri Filho (2004), ele saberá o que esperar do desempenho acústico, tanto para edificações habitacionais quanto para as comerciais e de serviços.

A norma de desempenho (ABNT NBR 15575, 2008) é importante tanto para o consumidor como para a indústria da construção civil. O consumidor estará confiante de que o produto que está adquirindo tem a qualidade mínima especificada por normas técnicas e pelo Código de Defesa do Consumidor. A indústria da construção civil terá a base para poder colocar no mercado um produto com a qualidade mínima para habitabilidade e uso, obtida com o respeito às normas técnicas. (FERREIRA NETO, 2009).

Assim, a NBR 15575 – Edificações Habitacionais - Desempenho tem levado profissionais de engenharia e arquitetura a buscar o conforto acústico em seus projetos, por meio da utilização de sistemas construtivos e materiais que apresentam desempenho adequado nas edificações. Como já mencionado anteriormente, o

conforto acústico de um ambiente é definido como sendo a ausência da interferência dos desagradáveis ruídos externos e internos. Tal conforto é fundamental para a qualidade de vida das pessoas que permanecem no ambiente.

2.6.1 Requisitos acústicos NBR 15575- Edificações Habitacionais – Desempenho

Em relação ao desempenho acústico a NBR 15575-1 (ABNT, 2013 a) determina que a edificação habitacional deva apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação habitacional, e isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas.

O requisito para isolamento acústico de vedações externas é propiciar condições mínimas de desempenho acústico da edificação, com relação a fontes normalizadas de ruídos externos aéreos trazendo como critério que a edificação deve atender ao limite mínimo de desempenho conforme estabelecido nas NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5 onde também o método de avaliação é especificado (ABNT, 2013).

O requisito para isolamento acústico entre ambientes é propiciar condições de isolamento acústica entre as áreas comuns e ambientes de unidades habitacionais e entre unidades habitacionais distintas, tendo como critério para isolamento ao ruído aéreo entre pisos e paredes internas que os sistemas de pisos e vedações verticais que compõem o edifício habitacional devem ser projetados, construídos e montados de forma a atender aos requisitos estabelecidos nas ABNT NBR 15575-3 e ABNT NBR 15575-4, nas quais também o métodos de avaliação é especificado.

O Requisito para ruídos de impactos é propiciar condições mínimas de desempenho acústico no interior da edificação e os sistemas que compõem os edifícios habitacionais devem atender aos requisitos e critérios especificados nas NBR 15575-3 e NBR 15575-5, nas quais os métodos de avaliação, análise do projeto e atendimento aos métodos de ensaios especificados são especificados (ABNT, 2013).

2.6.1.1 Ruídos gerados por equipamentos prediais

Ainda na parte 1, em caráter não obrigatório, a NBR 15575 informa, no Anexo E, os níveis de desempenho acústico aos ocupantes quando são operados equipamentos instalados nas dependências da edificação.

Equipamentos individuais cujo acionamento aconteça por ação do próprio usuário (por exemplo, reservatório de água em habitações unifamiliares, trituradores de alimento em cozinha, etc.) não podem ser avaliados por esse requisito; tratam-se somente de equipamentos de uso coletivo ou acionados por terceiros que não o próprio usuário da unidade habitacional a ser avaliada (NBR 15575-1, p.67).

Este requisito visa proporcionar adequação acústica aos ocupantes, quando são operados equipamentos instalados nas dependências da edificação, tais como: elevadores e suas casas de máquinas, sistemas coletivos de exaustão/ventilação e pressurização de *shafts*, sistemas de refrigeração e calefação, geradores (quando não emergenciais) e portões automatizados.

Para avaliar o desempenho dos ruídos gerados por equipamentos prediais, a norma informa o método de engenharia e método simplificado de campo. O método de engenharia determina, em campo, os níveis de pressão sonora de equipamento predial em operação, conforme descrito na norma ISO 16032. O método simplificado de campo permite obter uma estimativa dos níveis de pressão sonora de equipamento predial em operação em situações onde não se dispõe de instrumentação necessária para medir o tempo de reverberação no ambiente de medição, ou quando as condições de ruído ambiente não permitem obter este parâmetro, conforme descrito na Norma ISO 10052.

Os parâmetros de avaliação do desempenho dos ruídos gerados por equipamentos utilizados na NBR 15575-1 constam no Quadro 01 (ABNT, 2013).

Símbolo	Descrição	Norma	Aplicação
$L_{Aeq,NT}$	Nível de pressão sonora equivalente, padronizado de equipamento predial	ISO 16032	Ruído gerado durante a operação de equipamento predial
$L_{ASmáx,NT}$	Nível de pressão sonora máximo, padronizado de equipamento predial	ISO 16032	Ruído gerado durante a operação de equipamento predial
L_{Aai}	Nível de pressão sonora equivalente no ambiente interno, com equipamento fora de operação	ISSO 16032	Nível de ruído no ambiente, com o equipamento fora de operação

Quadro 01 - Parâmetros acústicos de verificação do nível de pressão sonora
Fonte - ABNT NBR 15575-1 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.68

O equipamento é operado conforme a ISO 16032 (2004), durante pelo menos um ciclo de operação. As condições de operação do equipamento e os procedimentos de medição constam nas ISO 16032 (2004) e ISO 10052 (2004). Para a realização dos ensaios, o ciclo de operação do produto deve atender aos critérios especificados na norma brasileira respectiva ao mesmo, tais como, potência ou velocidade mínima e máxima de operação; tempo de acionamento, etc. (ABNT 2013, p.68).

Conforme NBR 15575-1 devem ser avaliados os dormitórios das unidades habitacionais autônomas. As portas e janelas devem estar fechadas durante as medições. Se o nível de ruído máximo no ambiente interno, com equipamento fora de operação, L_{Aai} , no momento da medição, for superior aos valores da Tabela 05, o equipamento em questão deve ser avaliado em outro horário mais silencioso em que seja possível a medição.

Devem ser obtidos o nível de pressão sonora contínuo equivalente padronizado de um ciclo de operação do equipamento predial, $L_{Aeq,nT}$, e o nível de pressão sonora máximo, $L_{ASmáx.,nT}$, do ruído gerado pela operação do equipamento, conforme indicado na Tabela 06. O ciclo de operação do produto deve atender aos critérios especificados na Norma Brasileira respectiva ao produto.

Tabela 05 – Valores máximos do nível de pressão sonora contínuo equivalente, $L_{Aeq,nT}$, medido em dormitórios

$L_{Aeq,NT}$ dB(A)	Nível de desempenho
≤30	S
≤34	I
≤37	M

Fonte - ABNT NBR15575-1 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.69

Tabela 06 – Valores máximos do nível de pressão sonora máximo, $L_{ASm\acute{a}x.,nT}$, medido em dormitórios

$L_{ASm\acute{a}x.,nT}$ dB(A)	Nível de desempenho
≤36	S
≤39	I
≤42	M

Fonte - ABNT NBR 15575-1 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.69

2.6.1.2 Isolamento acústico do sistema de piso entre unidades autônomas

A NBR 15575-3 (ABNT, 2013 c) apresenta os requisitos e critérios para a verificação do isolamento acústico do sistema de piso entre unidades autônomas, sendo considerados o isolamento de ruído de impacto no sistema de piso (caminhamento, queda de objetos e outros) e o isolamento de ruído aéreo (conversas, som proveniente de TV e outros). Os valores normativos são obtidos por meio de ensaios realizados em campo para o sistema construtivo, através do método de engenharia, realizado em campo ou do método simplificado de campo.

O método de engenharia, realizado em campo, determina o nível de pressão sonora de impacto padrão em sistema de piso entre unidades autônomas, caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema, conforme é descrito na ISO 140-7 (ISO, 1978) e determina o isolamento acústico de ruído aéreo entre unidades autônomas e entre uma unidade e áreas comuns, caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema, conforme é descrito na ISO 140-4, sendo que, os resultados obtidos se restringem somente ao sistema avaliado.

O método simplificado de campo permite obter uma estimativa do isolamento sonoro de ruído aéreo e o nível de pressão sonora de impacto padrão em sistema de piso, em situações para as quais não se dispõe de instrumentação necessária para medir o tempo de reverberação, ou quando as condições de ruído ambiente não permitem obter este parâmetro, conforme é descrito na ISO 10052 (2004), sendo que, neste método, da mesma forma que para o método de engenharia, os resultados obtidos restringem somente ao sistema verificado.

Os parâmetros acústicos de avaliação do sistema de piso entre unidades autônomas utilizados nesta parte da ABNT NBR 15575-3 são apresentados no Quadro 02.

Símbolo	Descrição	Norma	Aplicação
$L'_{nT,w}$	Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado	ISO 140-7 ISO 717-2	Sistema de piso
$D_{nT,w}$	Diferença padronizada de nível ponderada	ISO 140-4 ISO 717-1	Vedações verticais e horizontais, em edifícios (pisos, paredes, etc.)

Quadro 02 — Parâmetros acústicos de avaliação dos sistemas de pisos
Fonte: ABNT NBR 15575-3 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.22

O requisito da NBR 15575-3 (ABNT, 2013) para níveis de ruído permitidos na habitação traz dois critérios de avaliação: de ruído de impacto em sistema de pisos para avaliar o som resultante de ruídos de impacto (caminhamento, queda de objetos e outros) entre unidades habitacionais; e de isolamento de ruído aéreo dos sistemas de pisos entre unidades habitacionais, para avaliar o isolamento de som aéreo de ruídos de uso normal (fala, TV, conversas, música) e uso eventual (áreas comuns, áreas de uso coletivo).

Para o ruído de impacto em sistemas de pisos, devem ser avaliados os dormitórios da unidade habitacional. Para isso as medições devem ser executadas com portas e janelas fechadas, tais como foram entregues pela empresa construtora ou incorporadora, para determinação dos valores do nível de pressão sonora padrão ponderado, $L'_{nT,w}$, sendo que os valores mínimos de desempenho são indicados na Tabela 07.

Tabela 07 — Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'_{nT,w}$

Elemento	$L'_{nT,w}$ dB
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	≤80
Sistema de piso de áreas de uso coletivo (atividade de lazer e esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas) sobre unidades habitacionais autônomas	≤55

Fonte: ABNT NBR 15575-3 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.23

Para o isolamento de ruído aéreo dos sistemas de pisos entre unidades habitacionais devem ser avaliados os dormitórios da unidade habitacional com ruídos de uso normal (fala, TV, conversas, música) e uso eventual (áreas comuns, áreas de uso coletivo) para a determinação dos valores da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$. As medições devem ser executadas com portas e janelas dos ambientes fechadas, tais como foram entregues pela empresa construtora ou incorporadora e o sistema de piso deve apresentar desempenho mínimo de diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, conforme a Tabela 08.

Tabela 08 — Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$

Elemento	$D_{nT,w}$ dB
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório	≥45
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos	≥40
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividade de lazer e esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	≥45

Fonte: ABNT NBR 15575-3 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.23

A NBR 15575-3 estabelece os níveis mínimos (M) de desempenho para cada requisito, que devem ser atendidos, mas considerando a possibilidade de melhoria da qualidade da edificação, com uma análise de valor da relação custo/benefício dos sistemas, no anexo E desta terceira parte são indicados os níveis de desempenho intermediário (I) e superior (S) e repetido o nível M para facilitar a comparação. É recomendado que o construtor ou incorporador informe o nível de desempenho dos sistemas que compõem a edificação habitacional, quando exceder o nível mínimo (M).

Para níveis de desempenho para medições em campo do ruído de impacto em sistema de pisos, a Tabela 09 apresenta recomendações relativas a outros níveis de desempenho do nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'_{nT,w}$, complementando o valor normalizado da parte de desempenho mínimo obrigatório já referido na Tabela 07.

Tabela 09 – Critério e nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado, $L'_{nT,w}$

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

Fonte: ABNT NBR 15575-3 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.43

Para níveis de desempenho para medições em campo do isolamento de ruído aéreo dos sistemas de pisos entre unidades habitacionais a Tabela 10 apresenta recomendações relativas a outros níveis de desempenho da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, complementando o valor normalizado da parte de desempenho mínimo obrigatório já referido na Tabela 08.

Tabela 10– Critérios de diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$

Elemento	$D_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥55	S
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de uso coletivo, para atividade de lazer e esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥55	S

Fonte: ABNT NBR 15575-3 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.44

2.6.1.3 Isolamento acústico entre o meio externo e o interno, entre unidades autônomas e entre dependências de uma unidade e áreas comuns.

A NBR 15575-4 (ABNT, 2013 d) apresenta os requisitos e critérios para a verificação do isolamento acústico entre o meio externo e o interno, entre unidades autônomas e entre dependências de uma unidade e áreas comuns. Os métodos para a verificação do isolamento são o método de precisão realizado em laboratório e o método de engenharia realizado em campo.

O método de precisão realizado em laboratório determina a isolação sonora de componentes e elementos construtivos (parede, janela, porta e outros), fornecendo valores de referência de cálculo para projetos, conforme é descrito na ISO 10140-2 (ABNT, 2013). Para avaliar um projeto com diversos elementos (parede com janela, parede com porta, etc.), é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto.

O método de engenharia realizado em campo, para fachadas, determina o isolamento sonoro global da vedação externa (conjunto fachada e cobertura, no caso de casas térreas e sobrados, e somente fachada nos edifícios multipiso), caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema é descrito na ISO 140-5 (1995). Para paredes internas o método determina o isolamento sonoro global entre unidades autônomas e entre uma unidade e áreas comuns, caracterizando de forma direta o comportamento acústico do sistema, conforme, é descrito na ISO 140-4 (1998). Neste método, os resultados obtidos restringem-se somente às medições efetuadas.

Os parâmetros acústicos de avaliação do sistema de Isolamento acústico entre o meio externo e o interno, entre unidades autônomas e entre dependências de uma unidade e áreas comuns utilizados nesta parte da NBR 15575 são apresentados no Quadro 03.

Símbolo	Descrição	Norma	Aplicação
R_W	Índice de Redução Sonora Ponderado	ISO 10140-2 ISO 717-1	Componentes em laboratório
$D_{nT,w}$	Diferença Padronizada de Nível Ponderada	ISO 140-4 ISO 717-1	Vedações verticais e horizontais internas, em edificações (paredes, etc.)
$D_{2m,nT,w}$	Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m de distância da fachada	ISO 140-5 ISO 717-1	Fachadas em edificações Fachadas e coberturas em casas térreas

NOTA

Como as normas ISO referenciadas não possuem versão em português, foram mantidos os símbolos nelas consignados com os seguintes significados:

R_W – índice de redução sonora ponderado (weighted sound reduction index).

$D_{nT,w}$ – diferença padronizada de nível ponderada (weighted standardized level difference).

$D_{2m,nT,w}$ – diferença padronizada de nível ponderada a 2 m (weighted standardized level difference at 2 m).

Quadro 03 — Parâmetros acústicos de verificação do sistema de isolamento acústico entre o meio externo e o interno, entre unidades autônomas e entre dependências de uma unidade e áreas comuns

Fonte: ABNT NBR 15575-4 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.32

O requisito da NBR 15575-4 para o nível de ruído permitido na habitação estabelece um critério de avaliação para o sistema de vedação entre o meio externo e o interno e outro para vedação entre unidades autônomas e entre dependências de uma unidade e áreas comuns.

No critério da determinação dos valores da diferença padronizada de nível ponderada $D_{2m,nT,w}$, promovida pela vedação externa (fachada e cobertura, no caso de casas térreas e sobrados, e somente fachada, nos edifícios multipiso), em ensaio de campo, devem ser avaliados os dormitórios da unidade habitacional. As medições devem ser executadas com portas e janelas fechadas, tais como foram entregues pela empresa construtora ou incorporadora e os valores mínimos de desempenho são indicados na Tabela 11.

Tabela 11— Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$, da vedação externa de dormitório

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ dB
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥20
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥25
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação.	≥30

NOTA 1 Para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros, não há requisitos específicos.

NOTA 2 Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias há necessidade de estudo específicos.

Fonte: ABNT NBR 15575-4 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.33

No critério da diferença padronizada de nível ponderada $D_{nT,w}$, promovida pela vedação entre ambientes, em ensaio de campo, deve apresentar desempenho mínimo de diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 — Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$, entre ambientes

Elemento	$D_{nT,w}$ dB
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	≥40
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	≥45
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos	≥40
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria dos pavimentos	≥30
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	≥45
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	≥40

Fonte: ABNT NBR 15575-4 – Edificações Habitacionais - Desempenho (ABNT, 2013, p.34)

A NBR 15575-4 recomenda em seu Anexo F, que o estabelecimento do nível de desempenho deve ser compatível com a proteção da privacidade contra a intrusão de ruído de atividades nos ambientes adjacentes, tais como a fala, música, entre outros, e fala que exemplos de cálculo e estimativa do grau de inteligibilidade podem ser encontrados em literaturas técnicas de acústica (ABNT, 2013 d).

A Tabela 13, extraída do anexo F da NBR 15575-4 apresenta uma estimativa simplificada do grau de inteligibilidade da fala em um recinto adjacente em função do isolamento acústico e do nível de ruído no ambiente.

Tabela 13 – Influência da $D_{nT,w}$ sobre a inteligibilidade da fala para ruído no ambiente interno em torno de 35 dB a 40 dB

Inteligibilidade de fala alta no recinto adjacente	Isolamento sonoro, $D_{nT,w}$ dB
Claramente audível: ouve e entende	35
Audível: ouve, entende com dificuldade	40
Audível: não entende	45
Não audível	≥50

Fonte: Adaptado da *Association of Australian Acoustical Consultants*, 2010

Fonte: ABNT NBR 15575-4 – Edificações Habitacionais - Desempenho (ABNT, 2103, p.56)

Ainda no anexo F da 15575-4 são apresentados os níveis de desempenho da vedação externa e entre ambientes, para medição em campo e para medição em laboratório.

Em relação aos níveis de desempenho para medição em campo, a Tabela 14 apresenta recomendações relativas a outros níveis de desempenho da diferença padronizada de nível ponderada, a 2 metros da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$, complementando o valor normalizado da parte de desempenho mínimo obrigatório já referido na Tabela 14.

Tabela 14 – Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$ para ensaios de campo

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ dB	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥20	M
		≥25	I
		≥30	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥25	M
		≥30	I
		≥35	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥30	M
		≥35	I
		≥40	S

Fonte: ABNT NBR 15575-4 – Edificações Habitacionais - Desempenho (ABNT, 2103, p.57)

A Tabela 15 apresenta recomendações relativas a outros níveis de desempenho da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$,

complementando o valor normalizado da parte de desempenho mínimo obrigatório já referido na Tabela 12.

Tabela 15 – Diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$ para ensaio de campo

Elemento	$D_{nT,w}$ dB	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	45 a 49	M
	50 a 55	I
	≥55	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	M
	35 a 39	I
	≥40	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥55	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nT,w}$ obtida entre as unidades).	40 a 44	M
	45 a 49	I
	≥50	S

Fonte: ABNT NBR 15575-4 – Edificações Habitacionais - Desempenho (ABNT, 2103, p.57)

Em relação aos níveis de desempenho para medição em laboratório, no anexo F da NBR 15575-4 são apresentados valores de referência, considerando ensaios realizados em laboratório em componentes, elementos e sistemas construtivos, sendo que para avaliar um projeto com diversos elementos é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto.

Na Tabela 16 são apresentados valores de referência, considerando ensaios realizados em laboratório em componentes, elementos e sistemas construtivos utilizados para fachadas.

Tabela 16 – Índice de redução sonora ponderado, R_w , de fachadas

Classe de ruído	Localização da habitação	R_w dB	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥25	M
		≥30	I
		≥35	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥30	M
		≥35	I
		≥40	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥35	M
		≥40	I
		≥45	S

Fonte: ABNT NBR 15575-4 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.58

Na Tabela 17 são apresentados valores de referência, considerando ensaios realizados em laboratório em componentes, elementos e sistemas construtivos utilizados para sistemas de vedação entre ambientes.

Tabela 17 – Índice de redução sonora ponderado, R_w , de componentes construtivos utilizados nas vedações entre ambientes

Elemento	R_w dB	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥55	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥60	S
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥55	S
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria dos pavimentos	35 a 39	M
	40 a 44	I
	≥45	S
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como <i>home theater</i> , salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	50 a 54	M
	55 a 59	I
	≥60	S
Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall ($D_{nt,w}$ obtida entre as unidades).	45 a 49	M
	50 a 54	I
	≥55	S

Fonte: ABNT NBR 15575-4 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.59

2.6.1.4 Isolamento acústico entre o meio externo e o interno de coberturas

A NBR 15575-5 (ABNT, 2013 e) apresenta os requisitos e critérios para a verificação do isolamento acústico entre o meio externo e o interno de coberturas, onde são considerados o isolamento de sons aéreos do conjunto fachada/cobertura de edificações e o nível de ruído de impacto no piso (caminhamento, queda de objetos e outros) para as coberturas acessíveis de uso coletivo.

Para avaliação do isolamento acústico entre o meio externo e o interno de coberturas utiliza-se o método de engenharia, realizado em campo é descrito na ISO 140-5. Para avaliação do ruído de impacto em pisos, o método é descrito na ISO 140-7 ou é usado o método simplificado de campo, que permite obter uma estimativa do isolamento acústico global da vedação externa (conjunto fachada e cobertura) e do ruído de impacto em pisos, em situações em que não se dispõe de instrumentação necessária para medir o tempo de reverberação, quando as condições de ruído ambiente não permitem obter este parâmetro, conforme é descrito na ISO 10052, sendo que para ambos os métodos, os resultados obtidos restringem-se somente às medições efetuadas.

Os parâmetros de avaliação do isolamento acústico entre o meio externo e o interno de coberturas conforme a NBR 15575-5 são apresentados no Quadro 04.

Símbolo	Descrição	Norma	Aplicação
$D_{2m,nT,w}$	Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2 m de distância da fachada/cobertura	ISO 140-5 ISO 717-1	Vedação externa, em edifícios
$L'_{nT,w}$	Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado	ISO 140-7 ISO 717-2	Pisos e coberturas de uso coletivo, em edifícios
NOTA Como as normas ISO referenciadas não possuem versão em português, foram mantidos os símbolos nelas consignados com os seguintes significados: $D_{2m,nT,w}$ diferença padronizada de nível ponderada a 2 m (weighted standardized level difference at 2 m). $L'_{nT,w}$ nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado (weighted standardized impact sound pressure level).			

Quadro 04 — Parâmetros acústicos de avaliação

Fonte: ABNT NBR 15575-5 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.31

No requisito de isolamento acústico entre o meio externo e o interno de coberturas, para avaliar o isolamento de som aéreo e para a determinação dos

valores da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$, as medições devem ser executadas com portas e janelas fechadas, tais como foram entregues pela empresa construtora ou incorporadora e os valores mínimos de desempenho são indicados na Tabela 18.

Tabela 18 — Valores mínimos da diferença padronizada de nível ponderada, $D_{2m,nT,w}$, da vedação externa de dormitório

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ dB
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥20
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥25
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação.	≥30

NOTA 1 Para vedação externa de salas, cozinhas, lavanderias e banheiros, não há requisitos específicos.
NOTA 2 Em regiões de aeroportos, estádios, locais de eventos esportivos, rodovias e ferrovias há necessidade de estudo específicos.

Fonte: ABNT NBR 15575-5 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.32

No requisito de Nível de ruído de impacto nas coberturas acessíveis de uso coletivo, para avaliar o som resultante de ruídos de impacto (caminhamento, queda de objetos e outros), naquelas edificações que facultam acesso coletivo à cobertura, para a determinação dos valores do nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado, $L'_{nT,w}$, devem ser avaliados os dormitórios e as salas de estar da unidade habitacional e devem apresentar nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado ($L'_{nT,w}$) conforme a Tabela 19.

Tabela 19 — Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado, $L'_{nT,w}$

Sistema	$L'_{nT,w}$
Cobertura acessível de uso coletivo	≤55

Fonte - ABNT NBR 15575-5 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.33

No anexo I da NBR 15575-5, complementando o valor normalizado da diferença padronizada de nível ponderada, a 2 m da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$,

referido na Tabela 18 do isolamento acústico da cobertura devido à sons aéreos já para medição em campo, é apresentado na Tabela 20 onde são indicados os níveis de desempenho e repetido o nível M para facilitar a comparação.

Tabela 20 – Diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, $D_{2m,nT,w}$, para ensaios de campo

Classe de ruído	Localização da habitação	R_w dB	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 35	M

Fonte - ABNT NBR 15575-5 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.56

Para o requisito de isolamento de ruído de impacto para as coberturas acessíveis de uso coletivo, complementando o valor normalizado da diferença padronizada de nível ponderada, a 2 m da vedação externa, $L'_{nT,w}$, referido no Tabela 19 são indicados os níveis de desempenho intermediário (I) e superior (S) e repetido o nível M para facilitar a comparação (conforme ilustrado na Tabela 21).

Tabela 21 – Nível de pressão sonora de impacto padronizado ponderado, $L'_{nT,w}$, para ensaios de campo

Elemento	$L'_{nT,w}$	Nível de desempenho
Cobertura acessível, de uso coletivo (pessoas)	≤ 55	M
	≤ 50	I
	≤ 45	S

Fonte: ABNT 15575 NBR-5 – Edificações Habitacionais - Desempenho, p.56

A norma ABNT NBR 15575 (2013) não descarta as normas ABNT 10.151 (2000) e ABNT NBR 10.152 (1987), e afirma que:

A edificação, submetida aos limites de estímulos sonoros externos especificados na ABNT NBR 10.151, deve atender aos limites especificados pela ABNT 10.152 no que se refere aos níveis de ruído em seus ambientes internos (ABNT, 2013, p. 20).

2.7 Outras normas da ABNT relacionadas à acústica

Dentre as normas da ABNT em vigor, as duas normas mais importantes relacionadas a medições e avaliações de níveis de pressão sonora em edificações, as NBR 10151 (ABNT, 2000) e NBR 10152 (ABNT, 1987) encontram-se em processo de revisão, passando por recente consulta pública.

As modificações propostas na revisão alteram a estrutura destas normas técnicas, uma vez que a NBR 10151 (ABNT, 2000) – *Acústica – avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento*, dispõe sobre a medição e avaliação dos níveis de sons urbanos e estabelece valores do “Nível Critério de Avaliação de ambientes externos” e estabelece níveis de ruído para áreas específicas de ocupação, não mencionando o ruído no interior das edificações. Esta situação é prevista na norma NBR 10152 (ABNT, 1987) – *Níveis de ruído para conforto acústico*, que estabelece limites de ruído de fundo para determinados ambientes internos das edificações.

Com as modificações propostas na revisão, a medição e avaliação de níveis de pressão sonora será tratada na NBR 10.151 para ambientes externos e na 10.152 para ambientes internos às edificações, conforme detalhadas a seguir.

2.7.1 NBR 10.151 - Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações

O Projeto de Revisão da NBR 10.151 é previsto para cancelar e substituir a edição anterior, publicada em 2.000, e estabelece os procedimentos técnicos a serem adotados na execução de medições de níveis de pressão sonora em

ambientes externos às edificações, bem como procedimentos e limites para avaliação dos resultados em função da finalidade de uso e ocupação do solo.

As motivações da revisão da norma NBR 10.151 foram harmonizar os procedimentos técnicos para medições dos níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações, independentemente das fontes sonoras contribuintes; avaliação sonora de impacto ambiental de empreendimentos, instalações e eventos em áreas habitadas, independentemente da existência de reclamações; elaboração de estudo e projeto acústico de empreendimento, instalação e evento a ser implantado em uma delimitada área, compatibilizando sua inserção na paisagem sonora do local e orientação ao planejamento urbano de uso e ocupação do solo para efeito de controle da poluição sonora.

A revisão da norma estabelece em seu escopo os seguintes procedimentos: execução de medições de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações; avaliação sonora de ambientes externos às edificações, em função da finalidade de uso e ocupação do solo. Estabelece também os limites de níveis sonoros para estudos e projetos acústicos de ambientes urbanos em função de sua finalidade de uso e da ocupação do solo.

2.7.2 NBR 10.152 - Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações

O Projeto de Revisão da NBR 10.152 é previsto para cancelar e substituir a edição anterior, publicada em 1997, e estabelece os procedimentos técnicos a serem adotados na execução de medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações, bem como procedimentos e limites para avaliação dos resultados em função da finalidade de uso do ambiente.

Os limites de níveis sonoros para avaliação e planejamento apresentados na norma são estabelecidos de acordo com a finalidade de uso do ambiente no local onde a medição for executada, visando à saúde e ao bem estar humano.

A motivação para revisão da norma foi a necessidade de harmonizar os procedimentos técnicos a serem adotados para medições dos níveis de pressão

sonora em ambientes internos às edificações, independentemente das fontes sonoras contribuintes, determinação do nível sonoro representativo de um ambiente interno de uma edificação e avaliação do nível sonoro representativo de um ambiente interno de uma edificação em função de sua finalidade de uso.

A revisão da norma estabelece em seu escopo, os seguintes procedimentos: execução de medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações; determinação do nível de pressão sonora representativo de um ambiente interno a uma edificação; avaliação sonora de ambientes internos às edificações em função de sua finalidade de uso. Estabelece também os limites de níveis de pressão sonora para estudos e projetos acústicos de ambientes internos às edificações em função de sua finalidade de uso e orientação à elaboração de projetos acústicos de ambientes internos de uma edificação.

2.8 Programas sociais de habitação e financiamentos imobiliários no Brasil

Antes de 1930, época em que a economia era baseada no setor agrário exportador, a precariedade habitacional já atingia a população mais pobre. Em grandes cidades, haviam cortiços insalubres situados nos bairros centrais. Posteriormente, conforme SAMPAIO et al. (2003), com o aparecimento das epidemias e pestes, as autoridades governamentais recomendaram a demolição dessas habitações e a construção de novas, fora do perímetro urbano, sendo que, para estimular a produção habitacional, o governo oferecia incentivos convidativos à iniciativa privada. Assim, a administração pública não só delegava à iniciativa privada as providências relacionadas com a ocupação do espaço urbano, como manifestava a intenção de segregar a população trabalhadora em áreas distantes do núcleo central das cidades, o que permitia aos empresários imobiliários daquela época atuar livremente conforme seus interesses.

No período entre 1930 e 1934, a demolição maciça dos cortiços para eliminar focos de epidemias e liberar áreas valorizadas das grandes cidades ocasionou a construção de barracos, principalmente nos morros do Rio de Janeiro. Essas moradias precárias eram habitadas, nessa época, por migrantes rurais e imigrantes

européus. Na década de 1930, o Brasil começa a investir no processo de industrialização com vistas a diminuir as importações e propiciar o desenvolvimento e a modernização da sociedade brasileira e o Estado passa a investir em infraestrutura urbana e regional para dar apoio ao processo industrial.

Durante o primeiro governo do Presidente Getúlio Vargas, foram construídos os primeiros conjuntos habitacionais. Essas moradias beneficiavam determinadas categorias profissionais e para viabilizar esse projeto, utilizaram-se os recursos dos Institutos de Aposentadoria e Pensões (IAP).

Em 1946, foi criada a Fundação da Casa Popular, que tinha por objetivos a construção de moradias, o apoio a indústria de materiais de construção e a implementação de projetos de saneamento. Entretanto, essa Fundação, desde a sua criação até 1964 quando foi extinta, não chegou a produzir 17 mil unidades e essas intervenções do governo no setor habitacional não passaram de ações pontuais, e pouco contribuíram para evitar o agravamento do *deficit* habitacional urbano (VASCONCELOS et al., 1996).

Mediante a Lei 4.380, de 21 de agosto de 1964, foi criado o Sistema Financeiro da Habitação (SFH), que tinha como órgão central o Banco Nacional da Habitação (BNH). Assim, em 1964, implantou-se o modelo institucional que vinha sendo delineado há algum tempo para o sistema habitacional a ser adotado no Brasil.

O SFH apresentava características distintas das iniciativas habitacionais até então tentadas pelo poder público, entre as quais destacam-se as fontes de recursos próprias oriundos do Fundo de garantia por Tempo de Serviço (FGTS), as cadernetas de poupança e as letras imobiliárias, a instituição da correção monetária no retorno dos financiamentos, e a diversificação dos objetivos dos financiamentos, que abrangiam diferentes itens de desenvolvimento urbano.

De 1964 a 1986, cerca de 4,4 milhões de unidades foram financiadas pelo SFH e, no período de 1960 a 1985, o incremento do estoque de moradias urbanas foi de 16,6 milhões de unidades, e a produção do BNH representou 27% desse incremento. No entanto, a crise econômica por que passava o país, em 1980, atingiu também o SFH, que teve seu equilíbrio financeiro ameaçado por três fatores principais: aceleração do processo inflacionário, desemprego e inadimplemento. A

crise do SFH agravou-se em 1983, e o BNH acabou por ser extinto em 1986 (UNIVERSIDADE CAIXA, 2012).

O período de 1986 a 1994 apresentou mudanças significativas para o setor habitacional. A extinção do BNH gerou um impacto direto sobre as políticas habitacionais implementadas no país. A Caixa Econômica Federal e o Banco Central do Brasil passam a atuar como executores das políticas habitacionais, sendo a Caixa Econômica Federal, agente operador do FGTS e órgão gerenciador do SFH e o Banco Central do Brasil, regulamentador das aplicações dos depósitos de Poupança e fiscalizador do SFH.

A criação do Sistema de Financiamento Imobiliário (SFI), pela Lei n.º 9.514, em 1997, voltado, principalmente, para a construção de moradias de mercado, destinadas às classes média e alta e a criação da Empresa Gestora de Ativos pelo Governo Federal (EMGEA), em 2001, introduziram a alienação fiduciária de bens imóveis no Brasil e permitiram à Caixa Econômica Federal condições para implementar programas e produtos habitacionais que atendam à população de baixa renda, com vistas a reduzir o grande *deficit* habitacional do País (VASCONCELOS et al., 1996).

Atualmente o Ministério das Cidades tem a gestão da política habitacional brasileira. A Secretaria Nacional de Habitação (SNH) é o órgão do Ministério responsável pela formulação e proposição dos instrumentos para a implementação da Política Nacional de Habitação e os instrumentos que permitem a implementação desta política são o Sistema Nacional da Habitação, o Desenvolvimento Institucional, o Sistema de Informação, Monitoramento e Avaliação o Plano Nacional de Habitação.

O Sistema Nacional da Habitação Estabelece as bases do desenho institucional e a articulação financeira da Política Nacional de Habitação. Além disso, o Sistema promove a integração entre a política habitacional e as políticas de planejamento territorial e fundiária e saneamento, coordenada pelo Ministério das Cidades e Compõe-se de dois subsistemas, que são o Subsistema de Habitação de Interesse Social e o Subsistema de Habitação de Mercado.

O Plano de Desenvolvimento Institucional e Capacitação é um plano que tem por objetivo viabilizar a implementação da Política Nacional de Habitação de forma

descentralizada, ao requerer a estruturação institucional de Estados e Municípios, a capacitação de agentes públicos sociais, técnicos e privados.

O Sistema de Informação, Monitoramento e Avaliação objetiva o desenvolvimento de uma base de informações para realizar o monitoramento dos projetos e programas, a avaliação permanente dos programas e da política, de forma articulada aos demais temas da política de desenvolvimento urbano.

O Plano Nacional de Habitação – PNH é desenvolvido pela Secretaria Nacional de Habitação e estabelece metas, linhas de financiamento e programas de provisão, de urbanização e de modernização da produção habitacional de âmbito nacional, e define as prioridades regionais de intervenção e os critérios para a distribuição regional de recursos, de acordo com perfil do déficit habitacional.

Atualmente o Programa Minha Casa, Minha Vida do Governo Federal, é o principal programa habitacional do País tem como meta reduzir o déficit habitacional brasileiro. A meta do programa, agora em sua segunda fase (2011-2014), é construir dois milhões de unidades habitacionais, das quais 60% voltadas para famílias de baixa renda. Em 2010, após um ano de atividade, o Programa Minha Casa, Minha Vida atingiu a meta inicial de um milhão de contratações. (<http://www.pac.gov.br/minha-casa-minha-vida>, acessado em 27 de dezembro de 2012 às 9:00 hs.).

2.8.1 O Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV

O Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), lançado pelo Governo Federal e executado pela Caixa Econômica Federal, constitui-se de um conjunto de medidas dispostas na Lei 11.977 de 2009 (BRASIL, 2009) e alterações posteriores. A Lei 12.424, de 16 de junho de 2011, que alterou a Lei 11.977/2009 definiu que o Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV tem por finalidade criar mecanismos de incentivo à produção e aquisição de novas unidades habitacionais ou requalificação de imóveis urbanos e produção ou reforma de habitações rurais. O seu artigo 82-B define que o PMCMV tem como meta promover a produção, aquisição, requalificação e reforma de dois milhões de unidades habitacionais, a partir de 1º de dezembro de 2010 até 31 de dezembro de 2014.

A figura 15 apresenta o fluxograma da destinação dos recursos da segunda fase do PMCMV.

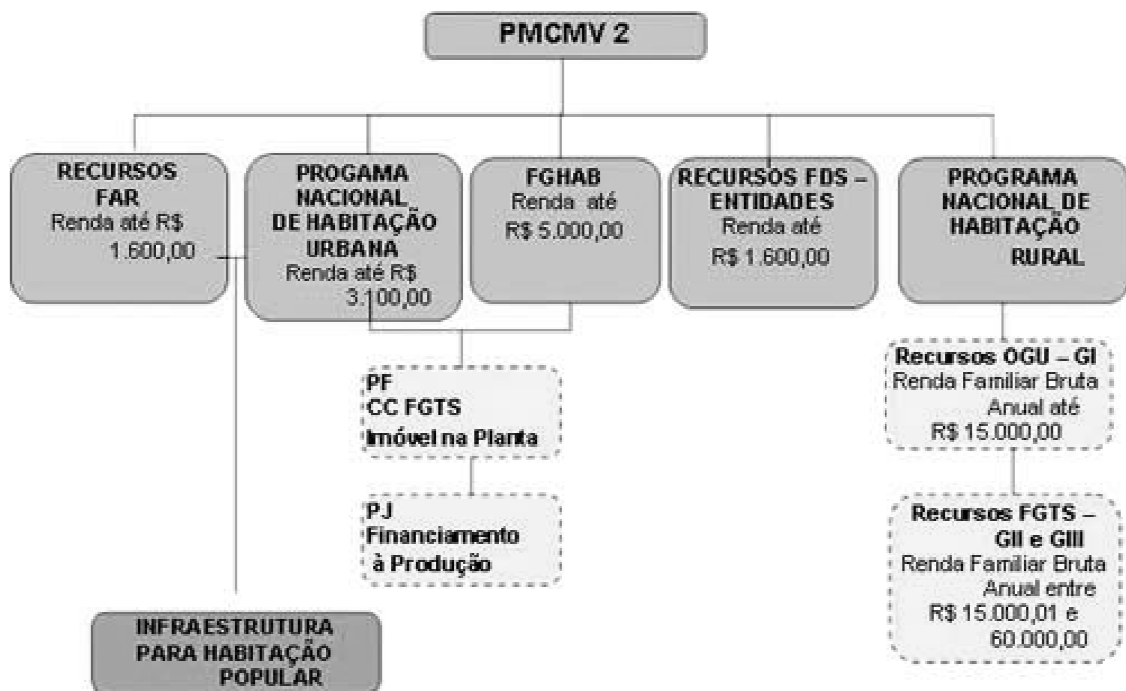


Figura 15 - Destinação dos recursos do PMCMV 2
Fonte - UNIVERSIDADE CAIXA, 2012.

2.9 Normatização das Instituições financiadoras de habitação

No Brasil, dentre os órgãos financiadores de habitação, o principal é a Caixa Econômica Federal (CEF), que desde a extinção do BNH em 1983, passou a atuar como agente operador do FGTS e órgão gerenciador do Sistema Financeiro Habitacional - SFH. Visando aplicação dos programas sociais de habitação e financiamento imobiliário, a CEF desenvolve manuais normativos de análise e acompanhamento dos contratos de crédito, através das equipes de engenharia e arquitetura das Regionais de Sustentação ao Negócio.

2.9.1 Histórico dos Manuais Normativos da Caixa Econômica Federal

Com a unificação das caixas econômicas existentes nos diversos estados da federação, ocorrida nos anos de 1969 e 1970, houve a necessidade de adoção de um Sistema de Comunicação Normativa Interna com vistas à padronização da linguagem e de procedimentos entre as diversas Unidades. Para tanto, foram instituídas a Norma de Serviço – NS e a Circular – C, estruturados por assunto, editado pelas áreas gestoras e distribuídos pelo departamento de Administração.

No ano de 1980 foi editado o Manual desenvolvido pela CEF, denominado Manual CEF, estruturado em Tomos, Títulos e Capítulos, e já adotava o critério funcional para agrupamento das atividades independente da estrutura orgânica da empresa. Os capítulos do manual eram compostos internamente por: Conceitos, Disposições Gerais, Modelos, Carimbos e Relatórios e Procedimentos. O Manual era datilografado pelas áreas gestoras e a reprodução era feita na gráfica da CEF por meio do processo “off-set”, onde o tempo de permanência na gráfica para reprodução variava de 7 a 15 dias. Após a impressão o pessoal da gráfica providenciava o empacotamento dos conteúdos conforme o destino e encaminhava para o antigo protocolo da Matriz para distribuição.

Em 1988 foi editada a primeira Circular Normativa – CN com finalidade de divulgar as matérias normativas em caráter transitório e sua vigência era limitada a

90 dias. Durante o período de implantação do Sistema de Comunicação Normativa – SCN, as CN que normatizavam matérias correspondentes aos Títulos ainda não implantados no Sistema tinham validade por prazo indeterminado.

As primeiras Circulares Normativas foram emitidas em 1988, sendo que de 1991 até 1996 as duas formas (SCN e CN) de divulgação das matérias normativas eram utilizadas. No período compreendido entre 1992 e 1996 houve uma redução de CN publicadas, uma vez que os Manuais Normativos já eram emitidos. A Circular Normativa era editada em microcomputador pelas áreas gestoras e o Setor de Protocolo Central da CAIXA (Matriz) reproduzia a CN em fotocópia e enviava via malote aos Setores de Protocolo Regionais que por sua vez também reproduzia a CN em fotocópia e enviava via malote para as unidades.

Em 30/11/1997, todos os Capítulos do Manual CEF e as CN foram revogados por meio da Resolução da Diretoria 1353 de 25 de setembro de 1997, permanecendo vigentes apenas as normas publicadas no SCN – Sistema de Comunicação Normativa, desenvolvidas pela Caixa Econômica Federal em meio magnético para substituir o Manual CEF, corrigindo suas deficiências.

Em 31 de outubro 1991, a implantação do Sistema de Comunicação Normativa – SCN começou com os seguintes: Manual Normativo – MN, que abrangia normas organizacionais, administrativas, operacionais e técnicas, Guia de Trabalho – GT, que contemplava os procedimentos necessários à execução das tarefas e as sínteses das matérias normativas correspondentes e os Livros Auxiliares – LA, para informação de apoio ao MN e GT, com estruturação livre.

O Manual Normativo, O Guia de Trabalho e os Livros Auxiliares Com o auxílio e a supervisão da Divisão de Organização e Métodos - O&M, a edição dos capítulos era feita por meio de terminais de vídeo IBM no aplicativo SCRIPT, que pela complexidade da ferramenta era de difícil domínio por parte das Unidades Gestoras das Normas. Em 1996 os capítulos passaram a ser editados no aplicativo Microsoft Word.

Os capítulos editados eram salvos como arquivos no ambiente computacional de grande porte, onde eram geradas as fitas que continham os capítulos, as quantidades e os destinos para impressão e distribuição. As fitas eram enviadas para a impressão que era centralizada na Matriz e utilizava uma impressora “laser”

de uso prioritário do SCN. A distribuição dos capítulos impressos era via malote a todas as Unidades da CAIXA.

Do SCN – Sistema de Comunicação Normativa, apenas o Manual Normativo permaneceu. Em 1995, o padrão dos capítulos foi alterado quando além das normas, os procedimentos passaram a integrar o conteúdo de cada capítulo.

Em 22 de janeiro de 1999, a caixa Econômica Federal editou o Sistema de Manual Normativo - SISMN e deu início a implantação de um novo padrão normativo estruturado em Tomos e substituiu o padrão anterior estruturado em Títulos. Os dois padrões conviveram até o dia 14/03/2005 quando o último capítulo do padrão título foi revogado. Por convenção, o conjunto de documentos normativos agrupados por tomos passou a se chamar Manual Normativo e a unidade, ou seja, cada documento contendo normas e procedimentos, passou a se chamar normativo.

A distribuição dos Manuais Normativos passou a ser de forma eletrônica por meio do SISMN que foi a primeira aplicação corporativa da Intranet CAIXA totalmente desenvolvida pela Área de Tecnologia da CAIXA, com a eliminação da impressão para distribuição, publicações quase imediatas, leitura interativa de links, gráficos e planilhas e pesquisa por assunto, texto, tomo, unidade gestora e normativos revogados.

Os Manuais Normativos da Caixa Econômica Federal atualmente são estruturados nos seguintes tomos: AD – Administração, AE - Atividades Especializadas, AL - Regime de Alçadas, CO – Comercial, CR - Controle e Contabilidade, FI – Finanças, FP - Fundos e Programas, HH - Habitação e Hipoteca, MO - Catálogo de Modelos, OR – Organização, RH - Recursos Humanos, SA - Saneamento e Infra-Estrutura, TE – Tecnologia, com os seguintes normativos: Sumário, Prefácio, Objetivo, Definições, Normas, Procedimentos, Registros e Anexos.

2.9.2 Manuais Normativos utilizados nas análises de crédito imobiliário

Os programas de sociais de habitação e os financiamentos de crédito imobiliário são operados na Caixa Econômica Federal por produtos de habitação

com destinação de recursos específicos. Estes produtos de crédito imobiliário possuem Manuais Normativos – MN utilizados desde a análise de propostas, aprovação de projetos, aceitação dos imóveis como garantias e liberação de recursos.

Atualmente, a CAIXA utiliza o Normativo Geral de Atividades Especializadas - AE 098 para análise e acompanhamento do crédito imobiliário, através das equipes de engenharia e arquitetura das Regionais de Sustentação ao Negócio, complementados principalmente pelos Manuais Normativos de Habitação e Hipoteca HH – 117, 120, 122, 154, 151, 155 e 211, conforme descritos a seguir:

2.9.2.1 Manual Normativo AE 098 – versão 015 - Análise e Acompanhamento do Crédito Imobiliário

O Normativo AE 098 tem relação com outros normativos internos da instituição, onde se destaca no presente estudo o AE 023 – Avaliação de Bens e AE 091 – verificação de Garantia de Desempenho de Sistemas Construtivos Inovadores e tem como regulamentação a ABNT NBR 12.721:2006 – Avaliação de custos unitários de construção para incorporação e outras disposições para condomínios e edifícios, bem como as Portarias do Ministério das Cidades 093, de 24.02.10 e 479, de 29.09.10.

O objetivo do Normativo AE 098 é definir as atividades de análise de viabilidade técnica de propostas de empreendimentos e acompanhamento de obras vinculadas a operações de Crédito Imobiliário e se destina à análise e o acompanhamento de engenharia, para os programas do Governo Federal Minha Casa Minha Vida, Imóvel na Planta, Financiamento à Produção de Imóveis e Plano Empresa da Construção Civil.

Atualmente, a Caixa Econômica Federal, valendo-se do Normativo Geral AE 098, solicita aos empreendedores imobiliários quatro relações de documentos técnicos mínimos, a serem apresentadas nas diferentes fases do processo, desde a análise de viabilidade do empreendimento, contratação do crédito imobiliário,

primeira e última liberação de recursos financeiros, conforme anexo A deste documento.

Basicamente, a análise técnica verifica, exclusivamente sob os aspectos de engenharia e arquitetura, estritamente as condições da área de intervenção e seu entorno, os projetos, se atende os critérios verificados de acessibilidade, se as especificações e os orçamentos apresentados correspondem àqueles do projeto, o cronograma, se há compatibilidade entre os documentos de incorporação do terreno e dos quadros da NBR 12721 (2006) e a viabilidade econômico-financeira do empreendimento proposto. Atendidas estas condições, de acordo com critérios específicos de cada item, o empreendimento é considerável viável e o Laudo de Análise de Engenharia, LAE, deve ser emitido.

2.9.2.2 Manual Normativo HH 154 – versão 031 - Programa Nacional de Habitação Rural – PNHR – Recursos do Orçamento Geral da União - OGU

O Programa Nacional de Habitação Rural foi criado, no âmbito do Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV, com o objetivo de subsidiar a produção de unidade habitacional aos agricultores familiares e trabalhadores rurais e o manual normativo HH 154 – versão 031 (CAIXA, 2012) tem como objetivo conceder, no âmbito do Sistema Financeiro da Habitação, subsídios, com recursos do Orçamento Geral da União - OGU, ao beneficiário, pessoa física, agricultor familiar ou trabalhador rural, organizados por uma Entidade Organizadora, destinado à construção e/ou reforma/conclusão/ampliação de unidade habitacional em área rural, por meio da modalidade aquisição de material de construção.

2.9.2.3 Manual Normativo HH 155 – versão 031 – Entidades – Recursos do Fundo de Desenvolvimento Social - FDS

O manual normativo HH 155 – versão 031 (CAIXA, 2012) tem como objetivo estabelecer as condições para recepção, análise e aprovação das propostas/projetos de intervenção recebidas das Entidades Organizadoras, assim entendidas as cooperativas, associações e entidades da sociedade civil, sem fins lucrativos, bem como para concessão de financiamento habitacional às famílias de baixa renda, organizadas sob a forma coletiva, para viabilizar o acesso à moradia em área urbana, no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida, com recursos do Fundo de Desenvolvimento Social - FDS.

2.9.2.4 Manual Normativo HH 151 - Construção de Empreendimentos Habitacionais – Recursos do Fundo de Arrendamento Residencial - FAR

O Manual Normativo HH 151 – versão 031(CAIXA, 2012) tem como objetivo aquisição e construção ou requalificação de empreendimentos habitacionais com recursos transferidos ao Fundo de Arrendamento Residencial - FAR, no âmbito do Programa Nacional de Habitação Urbana - PNHU, possibilitando a disponibilidade de imóveis destinados à alienação pelas famílias com renda mensal de até R\$ 1.600,00, em atendimento às finalidades do Programa Minha Casa Minha Vida – PMCMV.

2.9.2.5 Manual Normativo HH 117 – versão 082 - Alocação de Recursos – Recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço – FGTS e Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo - SBPE

O Manual Normativo HH 117 – versão 082 (CAIXA, 2012) tem como objetivo assegurar aos empreendedores Pessoas Físicas e Jurídicas e Empresas do ramo da construção civil, que produzem empreendimentos com recursos próprios ou de terceiros, o financiamento da comercialização das Unidades Habitacionais, Comerciais e Mistas produzidas, após a conclusão e regularização da obra no Registro de Imóveis. O programa utiliza recursos do Fundo de Desenvolvimento Social – FDS e do Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo – SBPE e a garantia do financiamento das unidades independe do empreendimento estar em fase de construção ou concluído, sendo que para empreendimentos concluídos o financiamento é garantido apenas para imóvel novo.

2.9.2.6 Manual Normativo HH 120 – versão 094 - Programa Imóvel na Planta – Associativo – Recurso do Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo - SBPE

O Manual Normativo HH 120 – versão 094 (CAIXA, 2012) tem como objetivo estabelecer as condições do programa Imóvel na Planta, que é uma linha de crédito para produção de empreendimento residencial, comercial e misto, com recursos do Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo – SBPE. Caracteriza-se pela concessão de financiamento direto aos beneficiários finais organizados em grupos por uma Entidade Organizadora e com a participação de uma Construtora, ou direto às pessoas jurídicas e para contratação do financiamento é necessário que os recursos para conclusão do empreendimento estejam sob gestão da CAIXA, sob a forma de contratação com os beneficiários finais, aporte de recursos financeiros depositados na CAIXA e/ou execução de obras.

2.9.2.7 Manual Normativo HH 122 – versão 120 - Programa de Apoio à Produção de Empreendimentos Imobiliários - Recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço – FGTS e Sistema Brasileiro de Poupança e Empréstimo - SBPE

O Manual Normativo HH 122 – versão 120 (CAIXA, 2012) tem como objetivo estabelecer as condições do programa de Apoio à Produção de Empreendimentos Imobiliários, que é uma linha de crédito para financiamento à produção de empreendimentos habitacionais, comerciais e mistos, com financiamento direto às Construtoras ou Incorporadoras ou Sociedade de Propósito Específico - SPE e financiamento para comercialização das unidades e se destina às empresas do ramo da Construção Civil.

2.9.2.8 Manual Normativo HH 211 – versão 153 - Programa Imóvel na Planta – Associativo – Recursos do Fundo de Garantia por Tempo de Serviço – FGTS

O Manual Normativo HH 122 – versão 120 (CAIXA, 2012) tem como objetivo estabelecer as condições do programa Imóvel na Planta, que é uma linha de crédito para financiamento da produção de empreendimentos habitacionais, da reabilitação de empreendimentos urbanos e da produção de lotes urbanizados, vinculada ao Programa de Carta de Crédito Associativo, com financiamento direto às pessoas físicas, representadas por sindicatos, cooperativas, associações, incorporadoras, pessoas jurídicas voltadas à produção habitacional, companhias de habitação ou órgãos assemelhados, Estados, Municípios, Distrito Federal ou órgãos da sua administração direta ou indireta, com a interveniência de uma empresa do ramo da construção civil.

3 METODOLOGIA

Essa pesquisa classifica-se como de natureza aplicada, pois busca gerar conhecimentos para aplicação prática, visando à solução de problemas específicos. É exploratória e quantitativa, quanto a sua forma de abordagem do problema. Os procedimentos técnicos adotados são característicos de pesquisas bibliográficas e estudo de caso.

Constitui-se de três partes, além da revisão bibliográfica e do estudo da arte necessários a um trabalho científico.

Na primeira parte, houve a compilação dos índices de redução sonora R_w , $D_{nt,w}$ e $D_{2m nt, w}$ e transmissão sonora $L'_{nt,w}$ de diferentes materiais componentes dos elementos construtivos de pisos, tetos e paredes dos empreendimentos, a fim de constituírem um Banco de Dados a ser utilizado no trabalho. Tais valores, determinados em ensaios de laboratório e a campo, representaram grande parte dos elementos construtivos utilizados no país e foram obtidos em livros clássicos de acústica e em trabalhos acadêmicos sobre o tema. Analisou-se comparativamente tais índices com as exigências da NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013), para a verificação do nível de desempenho acústico e as garantias mínimas de conforto, habitabilidade e uso das edificações residenciais.

Em seguida, elegeu-se uma instituição financeira para fins de adequar-se a ferramenta proposta a um caso prático de utilização das informações a serem geradas. A instituição financeira escolhida para este estudo foi a CEF por ser este órgão financeiro o principal agente do crédito imobiliário no Brasil, dispondo de normativos internos para análise e acompanhamento do crédito imobiliário, através das equipes de engenharia e arquitetura das gerências de desenvolvimento urbano e rural.

A terceira parte do trabalho constituiu-se na elaboração de planilhas eletrônicas para simulação do desempenho acústico das edificações de acordo com suas características construtivas, materiais e sistemas empregados na edificação, de acordo com a Norma 15575 (ABNT, 2013).

As planilhas foram desenvolvidas utilizando o software comercial Microsoft Excel, ferramenta específica para a elaboração de planilhas eletrônicas, tendo sido escolhido em função de ser o programa utilizado para os laudos de análise da Caixa Econômica Federal.

Cada uma das planilhas é composta por uma guia de caracterização dos elementos construtivos da edificação (parede de vedação externa, paredes de vedação interna, sistema de pisos e sistema de coberturas), uma guia de apresentação do resumo de desempenho acústico da edificação, uma guia com os requisitos da norma NBR 15575 (ABNT, 2013) e demais guias com bancos de dados de índices ponderados de desempenho acústico.

Os bancos de dados de índices ponderados de desempenho acústico vêm inicialmente alimentados com os valores compilados no item 4 deste trabalho de dissertação, podendo ser incrementados ou ajustados diretamente pelo usuário.

A operação da planilha é feita através da caracterização da edificação na guia correspondente, indicando a localização do empreendimento quanto à classe de ruído, e escolhendo os materiais constitutivos de cada elemento da edificação, sendo eles a parede de vedação externa, as paredes de vedação interna, o sistema de pisos e o sistema de coberturas.

Ao caracterizar cada um dos elementos que compõem os sistemas construtivos, é apresentado o índice ponderado correspondente ao material indicado e a verificação do atendimento à norma, informando ainda o nível de atendimento, se mínimo, intermediário ou superior. É ainda apresentado este nível de atendimento em forma de gráfico de coluna para cada um dos elementos.

Após a caracterização de todos os elementos construtivos da edificação na primeira guia da planilha, é apresentado na segunda guia um quadro resumo com o nível de atendimento à norma de cada elemento e um gráfico de barras com o percentual de atendimento em cada nível, para todos os sistemas construtivos analisados.

A discussão dos resultados foi focada na qualificação de empreendimentos quando são previamente analisados quanto aos parâmetros de conforto acústico, e se estes asseguram o retorno dos investimentos tecnológicos na futura satisfação dos consumidores.

4 COMPILAÇÃO DE DADOS

4.1 Compilação de dados de níveis sonoros ponderados na literatura

Neste trabalho de pesquisa foram compilados índices de redução sonora R_w , e $D_{nt,w}$ e $D_{2m nt, w}$ e transmissão sonora $L'_{nt,w}$ de diferentes materiais componentes dos elementos construtivos de pisos, tetos, paredes de vedação externas, entre ambientes e fachadas, determinados em ensaios de laboratório e a campo, dos elementos construtivos utilizados no país. Os dados foram obtidos em livros clássicos de acústica e em trabalhos acadêmicos sobre o tema.

Os dados compilados de diversas fontes foram utilizados na formação do banco de dados, que nesse trabalho estão apresentados em quadros nos apêndices e utilizados na planilha eletrônica para simulação do desempenho acústico das edificações de acordo com suas características construtivas, materiais e sistemas empregados na edificação.

4.1.1 Valores compilados na literatura de “Índice de Redução Sonora Ponderado” – R_w para diferentes materiais e sistemas construtivos

Ferreira Neto (2009) apresenta resultados de medições de isolamento sonora, realizadas no ano de 2005, no Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT, pelo pesquisador Peter Barry, de alguns materiais típicos utilizados nas construções e isolamento de ruído aéreo.

A Tabela 22 apresenta resumidamente os resultados do desempenho das paredes avaliadas em laboratório, no Brasil, e a análise conforme critério dado pela Norma 15575-4 (2008) para parede com finalidade de geminação, cujo critério mínimo é $R_w = 45$ dB.

Tabela 22 – Resumo dos resultados de desempenho realizados em laboratório

Identificação	Descrição da parede (laboratório) Material e espessura + reboco	R_w (C;Ctr) (dB)	Critérios- atende/não atende	
BR2-A	Concreto vedação 90mm + 30 mm argamassa	40(-1;-4) ⁵⁶	Não atende	X
BR2-B	Concreto vedação 90mm + 30 mm argamassa	40(-1;-4) ⁵⁷	Não atende	X
BR3	Concreto vedação 115mm + 30 mm argamassa	40(-1;-4)	Não atende	X
BR4	Concreto vedação 140mm + 30 mm argamassa	44(0;-3)	Não atende	X
BR5	Concreto vedação 115mm + 30 mm argamassa	37(0;-3)	Não atende	X
BR6	Concreto vedação 140mm + 30 mm argamassa	39(-1;-4)	Não atende	X

Fonte: FERREIRA NETO, 2009, p.152.

A tabela 23 apresenta resultados de medições de isolamento sonora em laboratório de alguns elementos construtivos em edificações habitacionais. Na tabela e no quadro os resultados são apresentados no formato R_w (C;Ctr), onde “C” é o coeficiente de ‘adaptação de espectro’ para avaliação da isolamento entre recintos e “Ctr” é o coeficiente de ‘adaptação de espectro’ para avaliação de fachadas para ruídos de trânsito. Estes coeficientes de adaptação do esforço foram criados para poder avaliar espectros de diferentes fontes de ruído, como ruído rosa e ruído de tráfego rodoviário e podem estimar o valor da isolamento sonora em curvas que apresentem valores muito baixos em uma única faixa de frequência (ISO 717-1, 1996).

Tabela 23 – Resultados de medições de isolamento sonora, em laboratório.

Descrição da Parede	Isolação Sonora, R_w (C;Ctr) (dB)
Bloco de concreto, espessura de 90 mm e 15 mm de argamassa em cada face.	40 (-1;-4)
Bloco de concreto, espessura de 140 mm e 15 mm de argamassa em cada face.	43 (-1;-4)
Bloco cerâmico, espessura de 90 mm e 15 mm de argamassa em cada face.	38 (-1;-3)
Bloco cerâmico, espessura de 140 mm e 15 mm de argamassa em cada face.	38 (0;2)
Tijolo cerâmico maciço, espessura de 100 mm e 25 mm de argamassa em cada face.	45 (-1;-4)
Tijolo cerâmico maciço, espessura de 100 mm e 25 mm de argamassa em cada face.	52 (-1;-4)

Fonte - BARRY, 2005, baseado em FERREIRA NETO (2009).

Losso (2004) disponibiliza resultados de isolamento acústico obtidos em medições feitas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, apresentados na Tabela 24, em paredes de gesso acartonado. Os desempenhos avaliados foram

para diferentes configurações de montagem, com uma ou duas chapas de cada lado e com e sem lã de vidro no interior das placas.

Tabela 24 – Propriedades acústicas de gesso acartonado (IPT-2000, IPT-2002).

Fabricante/ Especificações da parede	N° Total de camadas de chapas de gesso	Índice de redução sonora ponderado (R_w)	
		Sem lã de vidro	Com lã de vidro
Knauf			
W111-73/48/600	2 x 12,5 - GKB-AK	34	44 _(50mm)
W115-195/70/600	4 x 12,5 – GKB-AK	51	61 _(50mm)
Lafarge			
D 100/75/600	2 BR 12,5	39	45 _(75mm)
D 125/70/600	4 BR 12,5	45	50 _(50mm)
Placo			
73/48/600	1st 12,5/1st 12,5	36	43 _(50mm)
98/48/600	2st 12,5/2st 12,5	42	49 _(50mm)

Fonte: Losso (2004).

Em sua dissertação de mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria intitulada “Estudo do Isolamento Sonoro de Vidros de Diferentes Tipos e Espessuras”, Scherer (2005), compila dados sobre isolamento acústico, em vitragem simples e dupla, da publicação de título Manual do Vidro (2000) da empresa portuguesa Saint-Gobain Glass. As tabelas de numeração 25 a 29 do referido trabalho apresentam valores de R_w para vidros monolíticos comuns, vidros laminados, vidros laminados especiais acústicos e vidros duplos.

Tabela 25 – R_w Vidros monolíticos comuns

Espessura (mm)	Massa Superficial (Kg/m ²)	R_w (dB)
3	7,5	29
4	10,0	30
5	12,5	30
6	15,0	31
8	20,0	32
10	25,0	33
12	30,0	34
15	37,5	36
19	47,5	37

Fonte: SAINT-GOBAIN GLASS, 2000, p. 538 apud Scherer, 2005

Tabela 26 – R_w de Vidros laminados

Produto	Espessura (mm)	Massa Superficial (Kg/m ²)	R_w (dB)
(3+3.1)*	6	15,5	32
(4+4.1)*	8	20,5	33
(5+5.1)*	10	25,5	35
(6+6.1)*	12	30,5	35
(3+3.2)*	7	16,0	33
(4+4.2)*	9	21,0	34
(5+5.2)*	11	26,0	35
(6+6.2)*	13	31,0	35
(4+4.4)*	10	21,5	34

*(espessura 1º vidro comum + espessura 2º vidro comum. nº de filmes de PVB entres os vidros)

Fonte - SAINT-GOBAIN GLASS, 2000, p. 562 apud Scherer, 2005

Tabela 27 – R_w de Vidro laminado especial acústico

Produto	Espessura (mm)	Massa Superficial (Kg/m ²)	R_w (dB)
(3+3.1)*	6	15,5	36
(4+4.1)*	8	20,5	37
(5+5.1)*	10	25,5	38
(3+3.2)*	7	16,0	36
(4+4.2)*	9	21,0	37
(5+5.2)*	11	26,0	38
(6+4.2)*	11	26,0	38
(6+6.2)*	13	31,0	39
(4+4.4)*	10	21,5	37

*(espessura 1° vidro comum + espessura 2° vidro comum. n° de filmes de PVB entres os vidros)

Fonte - SAINT-GOBAIN GLASS, 2000, p. 552 apud Scherer, 2005

Tabela 28 – R_w de Vidros duplos

Produto	Espessura (mm)	Massa Superficial (Kg/m ²)	R_w (dB)
4(6)4*	4	20,0	30
4(8)4*	16	20,0	30
4(10)4*	18	20,0	30
4(12)4*	20	20,0	30
4(15/16)4*	23/24	20,0	30
4(15)4*	24	22,5	33
5(12)5*	22	25,0	32
6(12)6*	24	30,0	33
6(15/16)6*	27/28	30,0	33
8(12)8*	28	40,0	34
8(15/16)8*	31/32	40,0	34

*(espessura 1° vidro comum + espessura 2° vidro comum. n° de filmes de PVB entres os vidros)

Fonte - SAINT-GOBAIN GLASS, 2000, p. 572 apud Scherer, 2005

A pesquisa de Friedrich (2010) apresentada em sua dissertação de mestrado em Engenharia Civil na Universidade Federal de Santa Maria investigou a maneira como acontece a isolamento sonora em paredes de alvenaria estrutural com revestimento de argamassa. Foram construídas em laboratório três paredes, estudadas em ensaios específicos. O tipo do bloco e as combinações de chapisco, emboço e reboco foram avaliados alternadamente em cada bateria de ensaios.

Para tanto foram construídas três paredes alternadas de dois tipos distintos de blocos sendo um deles com dimensões iguais a 190x190x290 mm, que constituiu a parede A, e o outro de dimensões iguais a 140x190x290 mm, que constituiu as paredes B e C. Para cada uma dessas paredes foram aplicadas diferentes combinações de argamassa para as camadas de chapisco, emboço e reboco.

Resultados de R_w obtidos para a parede “A”, construída com blocos de alvenaria estrutural de 190x190x290 mm, na ordem de 7 MPa de resistência, vazados e ranhurados, revestida com argamassas industrializadas para emboço (massa média) e reboco (massa fina). Compilando-se os resultados obtidos por Friedrich (2010) montou-se a Tabela 29 de resultados de R_w para a parede “A” nas diferentes etapas de ensaio.

Tabela 29 – Resultados para a parede A - blocos de concreto de 190x190x290 mm, 7 MPa, vazados e ranhurados, com emboço (massa média) e reboco (massa fina)

Ensaio	Estágio da Parede	R_w (dB)
A 1	Parede em osso – ensaio aos 3 dias	42
A 2	Parede em osso – ensaio aos 7 dias	43
A 3	Parede com emboço (massa média) 2 cm + reboco 2 mm na face externa – ensaio aos 3 dias	45
A 4	Parede com emboço (massa média) 2 cm + reboco 2 mm na face externa – ensaio aos 7 dias	45
A 5	Parede com revestimento nas duas faces, interna e externa – ensaio aos 3 dias	47
A 6	Parede com revestimento nas duas faces, interna e externa – ensaio aos 7 dias	47
A 7	Parede com camada delgada de chapisco + 2ª camada de reboco na face externa da parede 2mm – ensaio aos 3 dias	47
A 8	Parede com camada delgada de chapisco + 2ª camada de reboco na face externa da parede 2mm – ensaio aos 7 dias	47
A 9	Parede com revestimento nas duas faces, interna e externa com aplicação de 1ª camada de tinta	47
A 10	Parede com revestimento nas duas faces, interna e externa com a aplicação de 2ª camada de tinta	47

Fonte - baseado em Friedrich, 2010

Resultados de R_w obtidos para a parede B, construída com blocos de alvenaria estrutural de 140x190x290 mm, na ordem de 7MPa de resistência, vazados e ranhurados, revestida com argamassas industrializadas fornecidas pela

empresa FIDA: chapisco (massa própria), emboço(massa média) e reboco(massa fina). Compilando-se os resultados obtidos por Friedrich (2010) montou-se a Tabela 30 de resultados de R_W para a parede B nas diferentes etapas de ensaio.

Tabela 30 – Resultados para a parede B - blocos de concreto de 140x190x290 mm, 7 MPa, vazados e ranhurados, com chapisco (massa própria), emboço (massa média) e reboco (massa fina)

Ensaio	Estágio da Parede	R_w (dB)
B 1	Parede em osso – ensaio aos 3 dias	38
B 2	Parede com chapisco 5 mm, emboço (massa média) 2 cm + reboco 2 mm na face externa – ensaio aos 3 dias	42
B 3	Parede com chapisco 5 mm, emboço 1,5 cm (massa média) + reboco 2 mm na face externa – ensaio aos 3 dias	43
B 4	Parede com chapisco 5 mm, emboço 1,5 cm (massa média) + reboco 2 mm na face externa – com aplicação de camada de textura na face externa da parede	44

Fonte - Baseado em Friedrich, 2010.

Resultados de R_w obtidos para a parede C, construída com o mesmo tipo de blocos de alvenaria estrutural da parede B, ou seja, de 140x190x290 mm, com resistência da ordem de 7MPa, vazados e ranhurados e revestida com argamassas industrializadas fornecidas pela empresa FIDA: chapisco (massa própria), emboço (massa grossa) e reboco (massa fina). Compilando-se os resultados obtidos por Friedrich (2010) montou-se a Tabela 31 de resultados de R_W para a parede C nas diferentes etapas de ensaio.

Tabela 31 – Resultados para a parede C - blocos de concreto de 140x190x290 mm, 7 MPa, vazados e ranhurados, com chapisco (massa própria), emboço (massa grossa) e reboco (massa fina)

Ensaio	Estágio da Parede	R_w (dB)
C 1	Parede em osso – ensaio aos 3 dias	40
C 2	Parede com chapisco 5 mm, emboço 2 cm (massa grossa) + reboco 2 mm na face externa – ensaio aos 3 dias	43
C 3	Parede com chapisco 5 mm, emboço (massa grossa)1,5 cm + reboco 2 mm nas duas faces– ensaio aos 3 dias	44

Fonte: Baseado em Friedrich, 2010

Dondé (2008) apresentou na conclusão do curso de Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, em 2008, seu trabalho intitulado “Análise da isolamento acústica de diferentes tipos de paredes e divisórias comercialmente utilizadas na construção civil”, visando demonstrar o isolamento acústico ao ruído aéreo, de diferentes tipos de paredes e divisórias, com distintas combinações comercialmente utilizadas na construção civil. Esta quantificação foi feita mediante ensaios realizados no Laboratório do Setor de Acústica da Universidade Federal de Santa Maria, seguindo os procedimentos especificados pelas Normas ISO 140/III e a ISO 717– I. Nestes ensaios foram analisadas as paredes pesadas usuais, paredes e divisórias duplas leves usuais e ainda paredes e divisórias decorrentes de novas tecnologias usadas na construção civil.

No primeiro item de resultados deste trabalho Dondé (2008) apresenta valores de R_W obtidos nos ensaios com paredes e divisórias pesadas usuais comercialmente utilizadas na construção civil, com densidade superficial superior a 150 Kg/m^2 , conforme a Tabela 32.

Tabela 32 – Resultados de R_W para paredes e divisórias pesadas usuais.

Nº Ensaio	Produto Ensaiado	Densidade Superficial (Kg/m^2)	R_W (dB)
01	Parede com blocos de 30 furos (14cm x 19cm x 29cm) e uma seção retangular com dimensões 8 x 4,5cm – sem revestimento.	185	38
02	Parede com blocos de 30 furos (14cm x 19cm x 29cm) e uma seção retangular com dimensões 8 x 4,5cm – com revestimento.	245,5	50
03	Parede com blocos de 16 furos (20cm x 20cm x 20cm) – Com revestimento.	246,5	50
04	Parede com blocos de 9 furos (19cm x 19cm x 29cm) – com revestimento.	188,5	42
05	Parede com blocos cerâmicos BV (14cm x 19cm x 29cm) – com revestimento parcial – emissão (externo).	207,5	41
06	Parede com blocos cerâmicos BV (14cm x 19cm x 29cm) – com revestimento.	226,5	43
07	Parede com tijolo maciço – sem revestimento.	190,75	41
08	Parede de tijolo maciço –com revestimento parcial – emissão (externo).	238,75	47
09	Parede de tijolo maciço (10,5 x 5 x 22cm) – com revestimento.	285,75	50
10	Parede de blocos vazados de concreto (14cm x 19cm x 39cm) – sem revestimento.	242,5	43
11	Parede de blocos vazados de concreto (14cm x 19cm x 39cm) – com revestimento parcial.	255,5	49
12	Parede de blocos vazados de concreto (14cm x 19cm x 39cm) – com revestimento.	240,5	50
13	Parede de blocos cerâmicos estruturais (14cm x 19cm x 29cm) – sem revestimento.	170	35
14	Parede de blocos cerâmicos estruturais (14cm x 19cm x 29cm) – revestimento parcial – emissão (externo).	217,5	40
15	Parede de blocos cerâmicos estruturais (14cm x 19cm x 29cm) – com revestimento.	227,5	41

No segundo item de resultados deste trabalho, Dondé (2008) apresenta valores de R_w obtidos nos ensaios com paredes e divisórias leves usuais, sem material absorvente e com a utilização de material absorvente, comercialmente utilizadas na construção civil, com densidade superficial inferior a 150 Kg/m², conforme as Tabelas 33 e 34.

Tabela 33 – Resultados de R_w em dB para paredes e divisórias leves usuais - sem material absorvente.

Nº Ensaio	Produto Ensaiado	Densidade Superficial (Kg/m ²)	R_w (dB)
16	Divisórias de gesso acartonado – 2 painéis de gesso acartonado separados por ar e = 4,8cm, m1=m2=12,5 Kg/m ² .	25	35
17	Parede Dry Wall Placostil 72/48/SFV – 2 painéis de 12,5mm e = 4,8cm, m1=m2=13,0Kg/m ² .	26	36
18	Parede de Distribuição D72/48/60 ^a - 2 painéis de 12,5mm e = 4,8cm, m1=m2=12,5Kg/m ² .	25	37
19	Divisória Placostil 98/48/SFV - 2 painéis de 12,5mm e = 7,3cm, m1=m2=26,0Kg/m ² .	46	41

Fonte – Dondé, 2008, p. 61

Tabela 34 – Resultados de R_w em dB para paredes e divisórias leves usuais - com material absorvente.

Nº Ensaio	Produto Ensaiado	Densidade Superficial (Kg/m ²)	R_w (dB)
20	Divisórias de gesso acartonado – 2 painéis de gesso acartonado separados por ar e = 9,0cm, m1=m2=12,5 Kg/m ² - com lã de vidro.	27	47
21	Parede Dry Wall Placostil 72/48/SFV – 2 painéis de 12,5mm e = 4,8cm, m1=m2=13,0Kg/m ² - com lã de vidro.	27	43
22	Parede de Distribuição D72/48/60 ^a - 2 painéis de 12,5mm e = 4,8cm, m1=m2=12,5Kg/m ² - com lã de vidro.	27	44
23	Divisória Placostil 98/48/SFV - 2 painéis de 12,5mm e = 7,3cm, m1=m2=26,0Kg/m ² - com lã de vidro.	47	49
24	Parede interna de gesso acartonado, 2 painéis de 12,5mm em cada face e=9,0cm, m1=m2=25,0 Kg/m ² , com lã de vidro.	47	61

Fonte – Dondé, 2008, p. 62

No segundo item de resultados deste trabalho, Dondé (2008) apresenta valores de R_w obtidos nos ensaios com paredes e divisórias decorrentes de novas tecnologias comercialmente utilizadas na construção civil, conforme a Tabelas 35 e 36.

Tabela 35 – Resultados de R_w em dB para paredes e divisórias decorrentes de novas tecnologias – paredes e divisórias duplas.

Nº Ensaio	Produto Ensaiado	Densidade Superficial (Kg/m ²)	R _w (dB)
25	Parede composta por painéis com 140mm de espessura, pré-montados com placas de EPS com 80mm de espessura e reboco de argamassa com 30mm de cada lado – Sistema Construtivo Hi-Tech.	113	23
26	Divisória Modular de PVC.	5,2	24
27	Parede composta por painéis (135x350cm), com 100mm de espessura, pré-montados com placas de fibra de vidro com núcleo de Poliuretano.	51	25
28	Parede composta de placas de gesso acartonado com uma Manta de Polipropileno com 50mm de espessura colocada dentro da mesma.	48	40
29	Parede de PVC – 75mm com enchimento de concreto com cinza volante.	135	42
30	Parede com Barreira Acústica ORMIFLEX colocada no interior de uma parede de gesso acartonado com lâ de vidro	52	45

Fonte – Dondé, 2008, p. 67

Tabela 36 – Resultados de R_w em dB para paredes e divisórias decorrentes de novas tecnologias - paredes e divisórias do sistema construtivos Bom-Plac.

Nº Ensaio	Produto Ensaiado	Densidade Superficial (Kg/m ²)	R _w (dB)
31	Parede simples com painéis de concreto (90,6cm x 53,59cm) – espessura 3 cm - painéis apenas encaixados.	40	21
32	Parede simples com painéis de concreto (90,6cm x 53,59cm) – espessura 3 cm - painéis assentados e rejuntados.	45	36
33	Parede dupla com painéis de concreto (90,6cm x 53,59cm) – espessura 3 cm - painéis assentados e rejuntados – revestimento interno com lambris de pinus.	50	40
34	Parede simples com painéis de concreto (90,6cm x 53,59cm) – espessura 5 cm - painéis apenas encaixados.	52	22
35	Parede simples com painéis de concreto (90,6cm x 53,59cm) – espessura 5 cm - painéis assentados e rejuntados.	55	40
36	Parede dupla com painéis de concreto (90,6cm x 53,59cm) – espessura 3 cm - painéis assentados e rejuntados – revestimento interno com lambris de pinus.	60	40

Fonte – Dondé, 2008, p. 71

No XXIV Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica – SOBRAC (2012) o artigo de De Godoy, M; Moraes, C. (2012) intitulado “Projeto e implementação de câmaras de ensaio acústico de esquadrias” apresenta ensaio de isolamento sonoro esquadrias, onde é descrito o desenvolvimento, a construção e a calibração de câmaras de ensaio acústico de esquadrias.

A amostra utilizada foi uma esquadria com caixilhos de correr com duas folhas em perfis de alumínio e panos de vidro insulado (4 mm + 9 mm ar + 4 mm), com dimensões de 1,20 x 1,00 m, que também havia sido ensaiada no Laboratório

de Conforto Ambiental do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), conforme o Relatório de Ensaio n. 905.093, datado de 23/10/2003.

O valor do R_w encontrado na câmara de teste utilizada por De Godoy et al. (2012) foi de 32 dB, considerada equivalente ao valor medido no laboratório do IPT de 31 dB. Na planilha eletrônica proposta neste trabalho optou-se pela adoção do valor medido pelo IPT de 31 dB, porque foi o menor valor de atenuação do ruído para a mesma estrutura.

Mateus (2008) apresenta em seu trabalho denominado “Acústica de Edifícios e Controlo de Ruído”, índices de isolamento sonoro R_w , de paredes, lajes e esquadrias obtidos em ensaios laboratoriais para algumas soluções construtivas frequentemente utilizadas em Portugal, apresentados neste trabalho pela Tabela 37.

Tabela 37 – Índices de Isolamento sonoro (R_w) obtidos em ensaios laboratoriais

Material / Sistema	R_w
Parede de tijolo de 11 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face.	43
Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face.	45
Parede dupla de tijolo de 11+11 cm de espessura, com caixa de ar 4 cm, preenchida de lã de rocha de 70 Kg/m ³ , com junta totalmente preenchidas e com cerca de 2 cm de reboco por face exterior.	51
Parede dupla de tijolo de 15+11 cm de espessura, com caixa de ar 4 cm, preenchida de lã de rocha de 70 Kg/m ³ , com junta totalmente preenchidas e com cerca de 2 cm de reboco por face exterior.	53
Parede dupla de tijolo de 15+15 cm de espessura, com caixa de ar 4 cm, preenchida de lã de rocha de 70 Kg/m ³ , com junta totalmente preenchidas e com cerca de 2 cm de reboco por face exterior.	56
Laje maciça de betão armado com 15 cm de espessura + camada de regularização.	55
Laje maciça de betão armado com 20 cm de espessura + camada de regularização.	60
4 placas de gesso acartonado de 13 mm, sem caixas de ar.	39
Porta aligeirada corrente, com núcleo oco, e algumas frinchas ($m=9\text{Kg/m}^2$).	18
Porta de madeira maciça, com batente e tratamento de frinchas em todo o seu contorno ($m=61\text{Kg/m}^2$).	28
2 placas de gesso acartonado de 13 mm em montantes de 48 mm + separação de 10 mm + 2 placas de gesso cartonado de 13 mm em montantes de 48 mm, com 2x 40 mm de lã de rocha na caixa de ar.	54
Pavimento pré-esforçado com blocos de 16 cm e camada de betão de 4 cm de espessura, com revestimento cerâmico.	49
Pavimento pré-esforçado com blocos de 21 cm e camada de betão de 5 cm de espessura, com revestimento cerâmico.	50
Janela de abrir, com vidro duplo 6+4 mm e caixa de ar de 10 mm, com adequada vedação de frinchas.	30
Janela de abrir, com vidro duplo 6+4 mm e caixa de ar de 10 mm, com razoável vedação de frinchas.	27
Janela de abrir, com vidro duplo 8+6 mm e caixa de ar de 12 mm, com adequada vedação de frinchas.	36
Janela dupla, com um caixilho de correr em vidro duplo de 4+4 mm (com razoável vedação de frinchas) e segundo caixilho de abrir, com vidro simples de 8 mm, separados de 100 mm.	47

Fonte – MATEUS (2008, p.75)

O trabalho de dissertação de Pinto (2011) apresentado ao curso de mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria, intitulado “Determinação experimental e numérica da redução sonora aérea em paredes de alvenaria utilizadas em habitações” cita resultados de ensaios em laboratório e traz também resultados de sua pesquisa com medições a campo. Na Tabela 38, são apontados índices de redução sonora aérea ponderados de paredes simples pesadas atualmente utilizadas nas habitações brasileiras, e avaliadas em laboratório compilados do trabalho de Silva (2000).

Tabela 38 – Resultados do índice de redução sonora aérea de alvenarias, de ensaios em laboratórios.

Tipo de parede	Dimensão bloco (cm)	Espessura total (cm)	Densidade superficial (Kg/m²)	R_w (dB)
Bloco Cerâmico de vedação com reboco de argamassa nos 2 lados	14x19x29	18	170,3	43
Blocos de Concreto (resist. 10 MPa) com revestimento de gesso nos 2 lados	14x19x29	16	171	42
Blocos Cerâmicos Estruturais (resist. 12 MPa) com reboco de argamassa nos 2 lados	14x19x29	17,5	215,75	49
Blocos Cerâmicos Estruturais com reboco de argamassa nos 2 lados	14x19x29	19	239,8	50
Blocos de Concreto (resist. 10 MPa) com reboco de argamassa nos 2 lados	14x19x29	17,5	241,5	51
Tijolo Maciço (resist. 10 MPa) com reboco de argamassa nos 2 lados	5x10,5x22	15,5	290,5	50

Fonte – Silva (2000) apud Pinto (2011)

O trabalho de dissertação de mestrado em Engenharia Civil apresentado por Oliveira (2007) pela Universidade Federal de Santa Maria, intitulado “Estudo da eficiência da duplicação de janelas na melhoria do isolamento acústico destes componentes” traz resultados dos ensaios realizados com duplicação de janelas de correr com baixa estanqueidade ao ar, neste trabalho apresentados na Tabela 39.

Tabela 39 – Valores de R_w para duplicação de janelas com tecnologia regional

Nº Ensaio	Descrição da amostra	R_w (dB)
01	Parede de alvenaria em tijolo maciço Espessura = 22 cm	50
02	Uma janela de correr com tecnologia regional Espessura do vidro = 44 mm	18
03	Dois janelas de correr com tecnologia regional Espessuras de ambos os vidros = 4 mm	26
04	Janela maxim-ar de PVC com vidro simples de 4 mm	28

Fonte – Oliveira (2007, p. 57)

Oliveira (2007) apresenta também os resultados dos ensaios realizados com duplicação de janelas maxim-ar de PVC, tendo boa estanqueidade ao ar, encontram-se a seguir. A Tabela 40 apresenta para cada ensaio os números únicos de avaliação do isolamento, em dB.

Tabela 40 – Valores de R_w para duplicação de janelas com boa estanqueidade.

Nº Ensaio	Descrição da amostra	R_w (dB)
05	Uma janela maxim-ar de PVC com vidro simples de 6 mm	29
06	Uma janela maxim-ar de PVC com vidro simples de 8 mm	29
07	Uma janela maxim-ar de PVC com boa estanqueidade e vidros duplos de 4 e 6 mm, espaçados em 12 mm	33
08	Uma janela maxim-ar de PVC com boa estanqueidade e vidros duplos de 4 e 6 mm, espaçados em 12 mm + uma janela maxim-ar de PVC com boa estanqueidade e vidros simples de 6 mm	37
09	Uma janela maxim-ar de PVC com boa estanqueidade e vidros duplos de 4 e 6 mm, espaçados em 12 mm + uma janela maxim-ar de PVC com boa estanqueidade e vidros simples de 8 mm	37
10	Uma janela maxim-ar de PVC com vidro simples de 8 mm + Janela maxim-ar de PVC com vidro simples de 6 mm	34

Fonte – Oliveira (2007, p. 57)

4.1.2 Valores compilados na literatura de “Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado” - $L'_{nt,w}$ para diferentes materiais e sistemas construtivos

Ferraz (2009) em seu trabalho de dissertação intitulado “atenuação de ruído de impacto em pisos de Edificações de pavimentos múltiplos” apresentado ao Programa de Pós-Graduação em engenharia de Estruturas da Universidade Federal de Minas Gerais realizou experimentos em diversas configurações de sistemas de pisos flutuantes de acordo com as recomendações da ISO 140-7. Nos ensaios foram utilizados diferentes materiais no contrapiso, no acabamento do piso, bem como diferentes materiais resilientes para isolar o ruído de impacto de piso. A partir dos resultados destes ensaios, foram confeccionados quadros comparativos, identificando o desempenho de isolamento de ruído de impacto de cada sistema ensaiado e ressaltando as configurações com grande potencial de uso nas construções de edificações civis nacionais.

Nas configurações de pisos flutuantes, diversos materiais foram utilizados: madeira ou porcelanato para o assoalho; argamassa, placa cimentícia ou placa sanduíche “Masterboard” para o contrapiso, manta de polietileno ou manta de lã de vidro como material resiliente. Foi utilizada laje estrutural de concreto maciço de 10 cm de espessura, Manta de polietileno com 10 mm de espessura, densidade 35kg/m^3 , Lã de vidro com 15 mm de espessura, densidade 60kg/m^3 e Lã de vidro com 50 mm de espessura, densidade 40kg/m^3 . O quadro 41 apresenta a compilação de resultados obtidos por Ferraz (2008) para pisos flutuantes completos.

Tabela 41 – Ensaios com piso flutuante simplificado

Modelo	Composição e Espessura (mm)	Espessura Total (mm)	$L'_{n,w}$ (dB)
1	Laje Maciça (100)	100	63
2	Laje Maciça (100) + lã de vidro (15) + argamassa (40) + porcelanato (9)	164	44
3	Laje Maciça (100) + lã de vidro (15) + placa cimentícia (12) + porcelanato (9)	134	42
4	Laje Maciça (100) + lã de vidro (15) + placa cimentícia (10) + porcelanato (9)	166	45
5	Laje Maciça (100) + lã de vidro (15) + placa cimentícia (20) + porcelanato (9)	144	45
6	Laje Maciça (100) + argamassa (40) + porcelanato (9)	149	60
7	Laje Maciça (100) + lã de vidro (15) + placa sanduiche1 (14) + porcelanato (9)	138	55

8	Laje Maciça (100) + polietileno (10) + argamassa (40)	150	53
9	Laje Maciça (100) + polietileno (10) + argamassa (40) + porcelanato (9)	159	54
10	Laje Maciça (100) + polietileno (10) + argamassa (40) + madeira (20)	190	52
11	Laje Maciça (100) + lâ de vidro (15) + placa sanduiche2 (14) + porcelanato (9)	138	43
12	Laje Maciça (100) + lâ de vidro (15) + argamassa (40) + madeira (20)	175	53
13	Laje Maciça (100) + 2 lâ de vidro (30) + argamassa (40) + porcelanato (9)	179	35
14	Laje Maciça (100) + 2 polietileno (20) + argamassa (40) + porcelanato (9)	169	50
15	Laje Maciça (100) + argamassa (40) + madeira (20)	160	59
16	Laje Maciça (100) + 2 lâ de vidro 50 mm (100) + 2 polietileno (20) + argamassa (40) + porcelanato (9)	269	36

Fonte – (adaptado de FERRAZ, 2009)

No XII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica – SOBRAC, o trabalho Neubauer *et al.* (2008) intitulado “Estudo comparativo entre diversos sistemas de pisos de madeira quanto ao isolamento do ruído de impacto” traz a análise e comparação de diferentes sistemas de pisos de madeira, submetidos a ruído de impacto, nas diversas composições normalmente utilizadas na construção civil. Os ensaios foram realizados nas câmaras para medir ruído de impacto do Laboratório de Acústica da UFSM. Nesse trabalho foram ensaiadas amostras de revestimento em madeira, em diferentes composições quanto ao revestimento e o material resiliente.

Neubauer (2008) apresenta também os resultados obtidos por Brondani (2008) e Pedroso (2007) em suas dissertações de mestrado em Engenharia Civil na mesma instituição, utilizando o mesmo Laboratório de Acústica da UFSM onde realizou seus ensaios.

Conforme Neubauer (2008), Brondani (2008) analisou e comparou diferentes materiais elásticos que cumpriam as condições necessárias para o princípio massa-mola-massa, em que se baseia o piso flutuante, combinados com piso cerâmico e de madeira, que neste trabalho estão apresentados na Tabela 42 e Pedroso (2007) fez novos ensaios desses materiais e de alguns novos lançados no mercado, desta vez com revestimentos de porcelanato e laminado de madeira, que neste trabalho estão apresentados na Tabela 43. Ambos constataram que, para os pisos por eles ensaiados, o melhor material a ser utilizado como resiliente era a lâ de vidro, que possibilitou ganhos de até 23 dB em relação ao não uso de material elástico.

Tabela 42 – Resultados dos ensaios realizados por Brondani (2008)

Composição do modelo	L'_{nw} (dB)
Laje+piso cerâmico	73
Laje+lã vidro 15mm+piso cerâmico	49
Laje+isopor 15mm+p. cerâmico	55
Laje+lençol borracha Mercur+p. cerâmico	62
Laje+piso madeira	67
Laje+lã vidro 15mm+piso madeira	50
Laje+isopor 15mm+ piso madeira	57
Laje+lençol borracha Mercur+ p. madeira	67

Fonte - Neubauer (2008)

Tabela 43 – Resultados dos ensaios realizados por Pedroso (2007)

Composição do modelo	L'_{nw} (dB)
Laje+porcelanato	73
Laje+lã vidro 15mm+porcelanato	50
Laje+ruberflex+porcelanato	62
Laje+polietileno 5mm+porcelanato	65
Laje+isopor 25mm+porcelanato	62
Laje+laminado	75
Laje+lã vidro 15mm+laminado	50
Laje+ruberflex+laminado	67
Laje+polietileno 5mm+laminado	67
Laje+isopor 25mm+laminado	63

Fonte - Neubauer (2008)

Os materiais resilientes utilizados por Neubauer (2008) nas composições ensaiadas foram: lã de vidro em placas revestidas em uma das faces por material impermeável, espessura 15mm; espuma de polietileno de células fechadas, espessura de 5mm e poliestireno expandido – Isopor – espessura de 25mm. Foram ensaiadas amostras de madeira na forma de tábua corrida de Ipê, assentadas com barotes de 3x3cm, sobre contrapiso de concreto traço 1:3. Com a tábua corrida, nas diferentes composições em relação ao material resiliente, foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 44 com os tacos de madeira natural os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 45.

Tabela 44 – Resultados ensaios com tábua corrida de Ipê

Composição do modelo	L'_{nw} (dB)
Laje + tábua corrida Ipê	66
Laje + lâ vidro 15mm +tábua corrida Ipê	50
Laje + polietileno 5mm + tábua corrida Ipê	63
Laje + isopor 25mm + tábua corrida Ipê	60

Fonte - Neubauer (2008)

Tabela 45 – Resultado ensaios com tacos madeira natural

Composição do modelo	L'_{nw} (dB)
Laje + taco madeira	71
Laje + lâ vidro 15mm + tacos madeira	50
Laje+polietileno 5mm+ tacos madeira	62
Laje + isopor 25mm + tacos madeira	61

Fonte - Neubauer (2008)

4.1.3 Valores compilados na literatura de “Diferença padronizada de nível ponderada” – $D_{nt,w}$ para diferentes materiais e sistemas construtivos

Ferreira Neto (2009) apresenta alguns resultados de medições de isolamento sonoro, realizadas em campo pelo pesquisador Peter Barry, no ano de 2005, conforme apresentado na Tabela 46.

Tabela 46 – Resultados de medições de isolamento de ruído aéreo, em campo

Descrição da Parede	Isolamento do Ruído Aéreo, $D_{nt,w}$ (dB)
Bloco de concreto, espessura de 140 mm e 10 mm de argamassa em cada face.	41
Bloco de concreto, espessura de 140 mm e 5 mm de gesso em cada face.	40

Fonte - BARRY, 2005, baseado em FERREIRA NETO (2009).

No trabalho de Pinto (2011) são avaliados alguns tipos de paredes de alvenaria utilizadas como divisórias internas em três edifícios habitacionais brasileiros para determinar a redução sonora aérea, através de ensaios experimentais em campo. As paredes de alvenaria estudadas são compostas por

tijolos maciços, blocos cerâmicos furados (6 e 4 furos) e estruturais (7 e 10MPa), com revestimento de argamassa em ambos os lados.

Os resultados principais desta pesquisa mostram que os valores ponderados da diferença padronizada de nível ($D_{nT,w}$) variaram de 37 a 44 decibéis para as paredes avaliadas.

A Tabela 47 representa as características das paredes ensaiadas por Pinto (2011) no edifício residencial “A” e os valores de $D_{nT,w}$ (dB) obtidos nos ensaios para estas paredes.

Tabela 47 – Tipo e características dos fechamentos de cada amostra, do edifício residencial A

Amostra	Parede de tijolo	Dimensão do bloco (cm)	Espessura da parede com revestimento (cm)	Densidade média* (kg/m ³)	$D_{nT,w}$ (dB)
PTM22	maciço	17 x 5 x 22	22	1800	43
PTM15	maciço	10 x 5 x 22	15	1800	42
PTF20	6 furos	15 x 10 x 19	20	1300	44
PTF15	4 furos	10 x 10 x 19	15	1300	41

Fonte – Baseado em Pinto (2011)

A Tabela 48 representa as características das paredes ensaiadas por Pinto (2011) no edifício residencial “B” e os valores de $D_{nT,w}$ (dB) obtidos nos ensaios para estas paredes.

Tabela 48 – Tipo e características dos fechamentos de cada amostra, do edifício residencial B

Amostra	Parede de tijolo	Dimensão do bloco (cm)	Resistência do Bloco (MPa)	Espessura da parede (cm)	Densidade média* (kg/m ³)	$D_{nT,w}$ (dB)
PAE17/8B	Alvenaria	14 x 19 x 29	8	17	2000	41
	Estrutural					
PAE17/10B	Alvenaria	14 x 19 x 29	10	17	2000	43
	Estrutural					

Fonte – Baseado em Pinto (2011)

Em seu trabalho de dissertação de mestrado em Engenharia Civil intitulado “*Avaliação de incomodidade provocada por ruído e vibração de baixa frequência em edifícios de habitação*” apresentado ao Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, Martins (2009) apresenta resultados de ensaios realizados a campo em fachadas e paredes de vedação interna do edifício Santa Dumont na cidade de Lisboa.

O edifício foi construído com estrutura de concreto armado e paredes de alvenaria de tijolos cerâmicos furados, onde as paredes interiores dos apartamentos são constituídas por um pano simples de alvenaria de tijolo cerâmico furado com 11 cm de espessura, rebocado em ambas as faces, ao que corresponde uma massa de 161 kg/m². A separação entre apartamentos é assegurada por paredes simples de alvenaria de tijolo furado de 20 cm, com ambas as faces rebocadas. Os resultados obtidos para o isolamento de ruído aéreo das paredes de vedação internas são apresentados na Tabela 49.

Tabela 49 – Paredes de vedação internas – Edifício Santos Dumont

Partição	Área (m ²)	$D_{nT,w}$ (dB)
Sala - Cozinha	12,62	41
Cozinha - Escritório	14,25	46
Escritório - <i>suite</i>	10,69	42

Fonte – Adaptado de Martins (2009, p. 23)

4.1.4 Valores compilados na literatura de “Diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância” - $D_{2m,nt,w}$ para diferentes materiais e sistemas construtivos de fachadas e coberturas.

Conforme Martins (2009) a solução construtiva para a fachada considerada no projeto do edifício Santa Dumont corresponde a uma parte opaca com uma área total de 1358 m², constituída por parede de alvenaria dupla de tijolo cerâmico furado com 11 cm de espessura com caixa-de-ar e isolamento térmico com caixa de ar preenchida com isolamento térmico (placas de poliestireno expandido) com 3cm de

espessura, incluindo acabamento final em reboco em ambas as faces, com uma massa por unidade de área de 380 kg/m², e uma parte envidraçada, com uma área total de 464 m², constituída por caixilhos de alumínio com vidros duplos.

A solução construtiva da cobertura é com laje de concreto armado com 22cm, concreto de regularização com 8cm e lajotas cerâmicas com 4cm de espessura, respectivamente. Os resultados obtidos para o isolamento de ruído aéreo das fachadas e coberturas são apresentados na Tabela 50.

Tabela 50 – Fachadas e Coberturas – Edifício Santos Dumont

Partição	Área da Janela	Área total da parede	Fachadas	Coberturas
	(m ²)	(m ²)	$D_{2m,nT,w}$ (dB)	$D_{2m,nT,w}$ (dB)
Sala	7,46	15,60	38	58
Cozinha	2,63	8,32	27	44
Escritório	2,63	22,62	57	53
Suíte	5,25	11,96	50	56

Fonte – Adaptado de Martins (2009)

5 PLANILHAS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO DAS EDIFICAÇÕES

Neste trabalho foram criadas duas planilhas eletrônicas de verificação do desempenho acústico das edificações, sendo que a *Planilha A* trata de isolamento e isolamento acústicos, ou seja, referente a testes em laboratório e em campo e, a *Planilha B* referente a isolamento acústico, ou seja, somente a testes realizados em campo, valendo-se neste trabalho das nomenclaturas adotadas por Ferreira Neto (2009, p.28) citadas no item 2.4 da presente dissertação.

5.1.1 Planilha de verificação de desempenho acústico “A”

Na Planilha A são utilizados dados de medições realizadas em laboratório e a campo. As paredes de vedação externas e internas podem ser verificadas através de valores de medições em laboratório pela utilização do índice de redução sonora ponderado – R_w e para os demais componentes da edificação são utilizados valores de medições a campo. Para medições de ruídos de impacto em pisos e coberturas é adotado o nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado - $L'_{nT,w}$, para medições de ruído aéreo em sistemas de pisos é utilizada a diferença padronizada de nível ponderada - $D_{nT,w}$ e para medições de ruído aéreo em coberturas é utilizada a diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância - $D_{2m,nt,w}$. Os valores compilados na literatura e inseridos nos bancos de dados da planilha A são apresentados nos Apêndices deste trabalho de dissertação. A figura 16 apresenta a localização do empreendimento quanto à classe de ruído e a caracterização e o nível de desempenho obtido para a fachada.

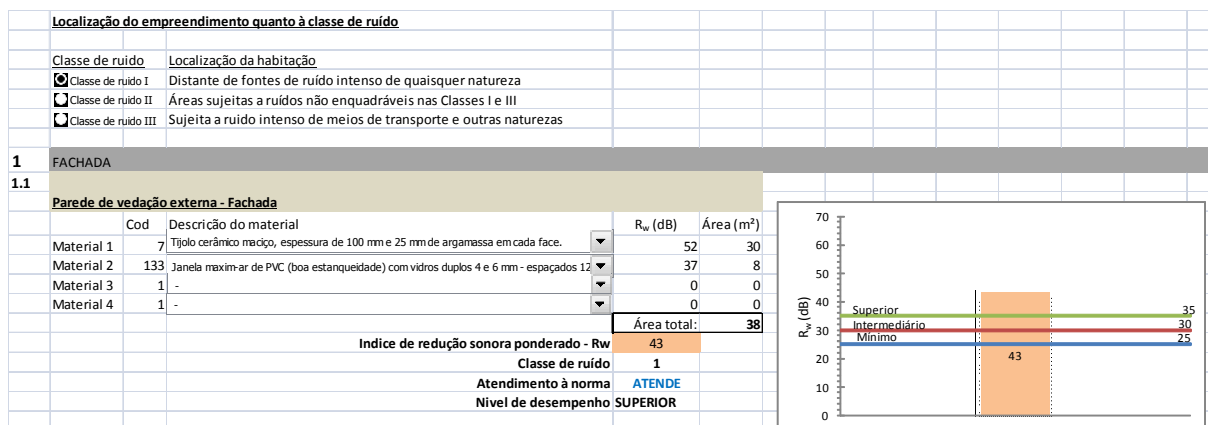


Figura 16 – Planilha A – Desempenho acústico da parede de vedação externa - Fachada

Inicialmente, como apresentado na Figura 18, é necessário selecionar a opção correspondente à localização do empreendimento quanto à classe de ruído, conforme estabelecido pela norma NBR 15575-4, referenciada no Quadro 17 deste trabalho. Esta seleção será utilizada no estabelecimento dos requisitos de atendimento à norma nos sistemas de fachada e coberturas.

Localização do empreendimento quanto à classe de ruído	
Classe de ruído	Localização da habitação
<input checked="" type="checkbox"/> Classe de ruído I	Distante de fontes de ruído intenso de quaisquer natureza
<input type="checkbox"/> Classe de ruído II	Áreas sujeitas a ruídos não enquadráveis nas Classes I e III
<input type="checkbox"/> Classe de ruído III	Sujeita a ruído intenso de meios de transporte e outras naturezas

Figura 17 – Planilha A – Localização do empreendimento quanto à classe de ruído

Em seguida, para a fachada, são apresentados campos para escolha de até quatro tipos de materiais, conforme lista já cadastrada nos bancos de dados da planilha. Após esta seleção, deve ser definida a área de cada um dos materiais que compõem o elemento em análise. Com isto a planilha efetuará o cálculo do índice de redução sonora total da fachada, informando quanto ao atendimento ou não da norma, além de indicar o nível deste atendimento, conforme figura 18.

Parede de vedação externa - Fachada				
	Cod	Descrição do material	R _w (dB)	Área (m ²)
Material 1	7	Tijolo cerâmico maciço, espessura de 100 mm e 25 mm de argamassa em cada face.	52	30
Material 2	133	Janela maxim-ar de PVC (boa estanqueidade) com vidros duplos 4 e 6 mm - espaçados 12	37	8
Material 3	1	-	0	0
Material 4	1	-	0	0
			Área total:	38
Índice de redução sonora ponderado - R_w			43	
Classe de ruído			1	
Atendimento à norma			ATENDE	
Nível de desempenho			SUPERIOR	

Figura 18 – Planilha A – Escolha dos materiais e determinação do índice ponderado do elemento

É também apresentado um gráfico de colunas mostrando o valor do índice de redução sonora R_w obtido e a comparação com os valores determinados pela norma para este tipo de elemento. Observa-se que para as diferentes classes de ruído, mudam os requisitos de atendimento da norma, onde, para um mesmo índice de redução sonora pode-se atender diferentes níveis de desempenho conforme a localização do empreendimento quanto à classe de ruído.

A Figura 19 exemplifica uma fachada com índice de redução sonora $R_w = 43$ dB e localizado na classe de ruído I, atendendo aos requisitos da norma com desempenho Superior.

Localização do empreendimento quanto à classe de ruído	
Classe de ruído	Localização da habitação
<input checked="" type="checkbox"/> Classe de ruído I	Distante de fontes de ruído intenso de quaisquer natureza
<input type="checkbox"/> Classe de ruído II	Áreas sujeitas a ruídos não enquadráveis nas Classes I e III
<input type="checkbox"/> Classe de ruído III	Sujeita a ruído intenso de meios de transporte e outras naturezas

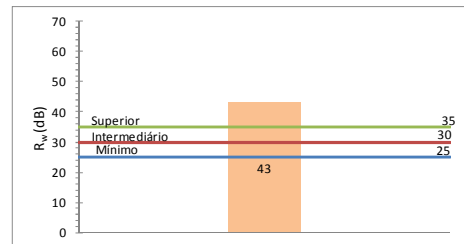


Figura 19 – Planilha A – Fachada com R_w 43 dB na classe de ruído I com desempenho Superior

Na Figura 20 a mesma fachada caracterizada na Figura 20, com índice de redução sonora $R_w = 43$ dB, mas localizada na classe de ruído III, atende à norma com desempenho Intermediário.

Localização do empreendimento quanto à classe de ruído	
Classe de ruído	Localização da habitação
<input type="checkbox"/> Classe de ruído I	Distante de fontes de ruído intenso de quaisquer natureza
<input type="checkbox"/> Classe de ruído II	Áreas sujeitas a ruídos não enquadráveis nas Classes I e III
<input checked="" type="checkbox"/> Classe de ruído III	Sujeita a ruído intenso de meios de transporte e outras naturezas

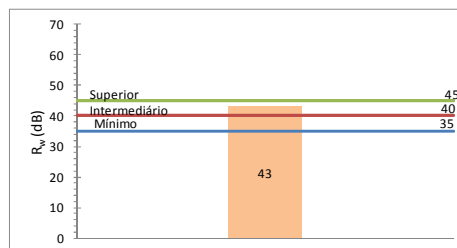


Figura 20 – Planilha A – Fachada com R_w 43 dB na classe de ruído III com desempenho Intermediário

A Figura 21 apresenta a caracterização das paredes de vedação interna, que são operadas da mesma forma que a fachada. Nestes elementos não há influência nos requisitos do nível de atendimento à norma em função da localização do empreendimento quanto à classe de ruído.

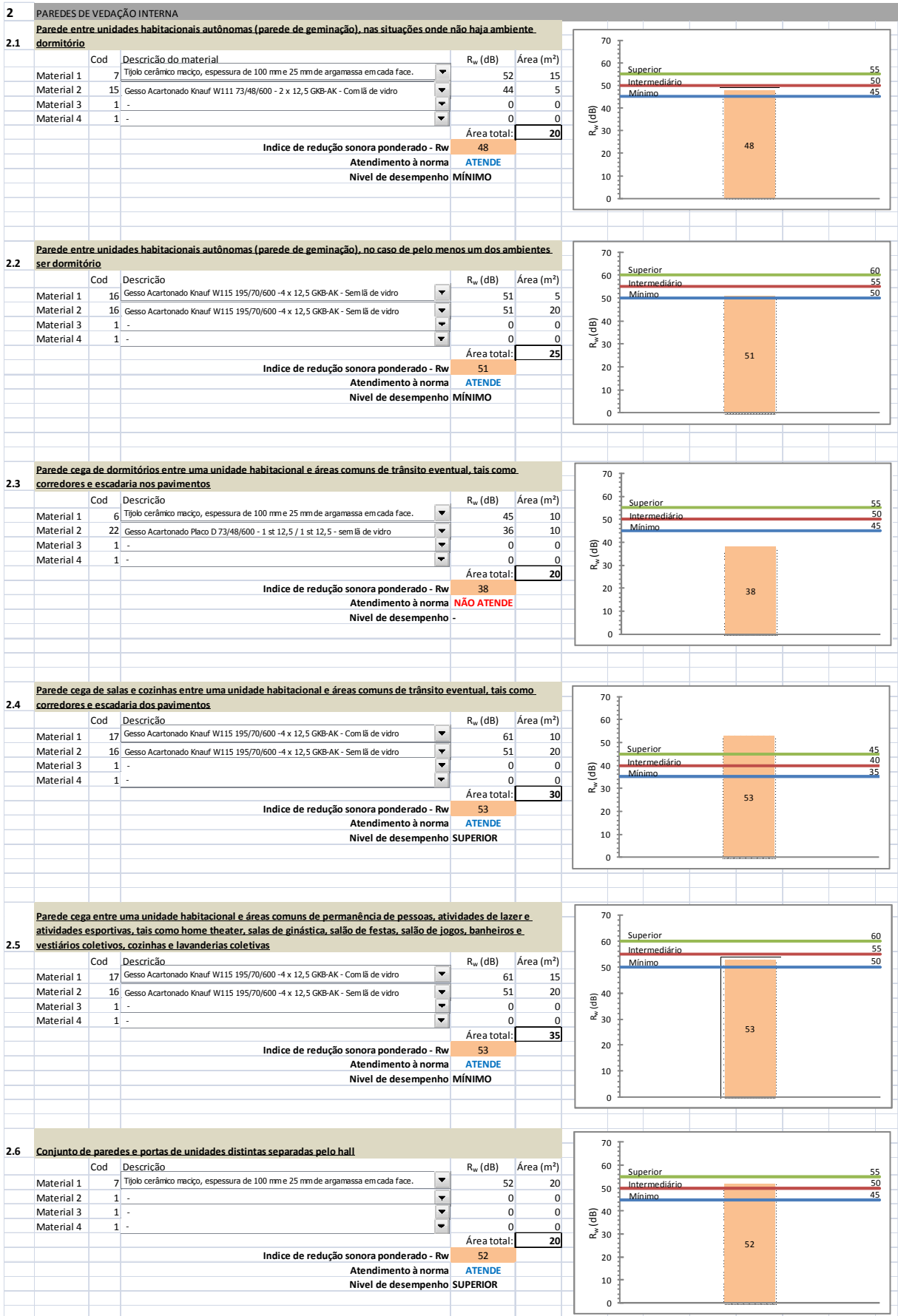


Figura 21 – Planilha A – Desempenho acústico das paredes de vedação interna

A Figura 22 apresenta a caracterização do sistema de pisos e verificação do desempenho quanto ao ruído aéreo e de impacto.

3		SISTEMA DE PISOS	
3.1		Ruído de impacto em sistema de pisos	
3.1.1 Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos			
Material 1	Cod 26	Descrição Laje concreto 12 cm + polietileno 5 mm + tacos madeira	$L'_{nt,w}$ (dB) 62
		Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado - $L'_{nt,w}$ (dB)	62
		Atendimento à norma	ATENDE
		Nível de desempenho	INTERMEDIÁRIO
3.1.2 Sistema de piso de áreas de uso coletivo (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			
Material 1	Cod 30	Descrição Laje Maciça 100 mm + lâ de vidro 15 mm + placa cimentícia 12 mm + porcelanato 9 mm	$L'_{nt,w}$ (dB) 42
		Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado - $L'_{nt,w}$ (dB)	42
		Atendimento à norma	ATENDE
		Nível de desempenho	SUPERIOR
3.2		Ruído aéreo dos sistemas de pisos entre unidades habitacionais	
3.2.1 Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório			
Material 1	Cod 2	Descrição Laje Nervurada - preenchimento tijolos 8 furos - espessura 16 cm - contrapiso 4 cm - porc.	$D_{nt,w}$ (dB) 38,9
		Diferença padronizada de nível ponderada - $D_{nt,w}$ (dB)	39
		Atendimento à norma	NÃO ATENDE
		Nível de desempenho	-
3.2.2 Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos			
Material 1	Cod 7	Descrição Laje Nervurada - Preenchimento EPS (12 Kg/cm³) - espessura 14 cm - contrapiso 4 cm - laj.	$D_{nt,w}$ (dB) 37,5
		Diferença padronizada de nível ponderada - $D_{nt,w}$ (dB)	38
		Atendimento à norma	NÃO ATENDE
		Nível de desempenho	-
3.2.3 Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns 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			
Material 1	Cod 5	Descrição Laje maciça - Preenchimento Concreto 25 Mpa - espessura 10 cm - contrapiso 4 cm - Cerâ	$D_{nt,w}$ (dB) 32,3
		Diferença padronizada de nível ponderada - $D_{nt,w}$ (dB)	32
		Atendimento à norma	NÃO ATENDE
		Nível de desempenho	-

Figura 22 – Planilha A – Desempenho acústico do sistema de pisos

Os elementos do sistema de pisos que são analisados quanto ao ruído aéreo, através da diferença padronizada de nível ponderada $D_{nT,w}$ seguem o mesmo modo de operação e análise dos elementos anteriores, onde o maior índice ponderado indica melhor nível de desempenho. Os elementos que são analisados quanto ao ruído de impacto, pelo nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado $L'_{nT,w}$ seguem relação inversa, com níveis de pressão sonora menores indicando melhor desempenho, conforme Figura 23.

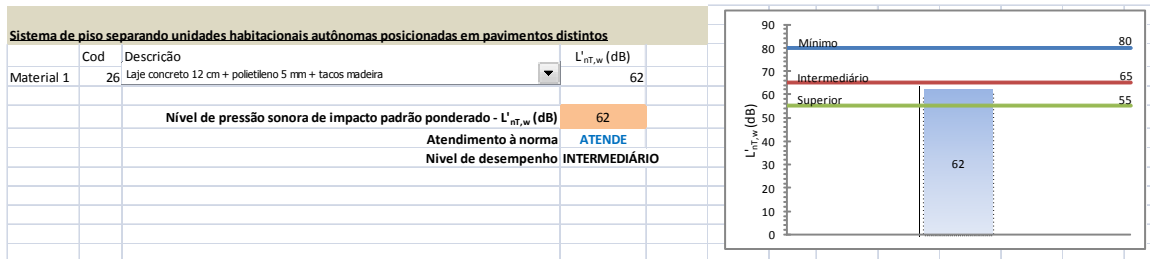


Figura 23 – Planilha A – Verificação do desempenho do sistema de pisos quanto ao nível de pressão sonora de impacto $L'_{nT,w}$

Da mesma forma que no sistema de pisos, o sistema de coberturas é verificado quanto ao ruído aéreo e ao ruído de impacto. Neste caso, o ruído aéreo é verificado pela diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância $D_{2m,nT,w}$ e o cálculo do desempenho considera a localização do empreendimento quanto à classe de ruído, conforme Figura 24.

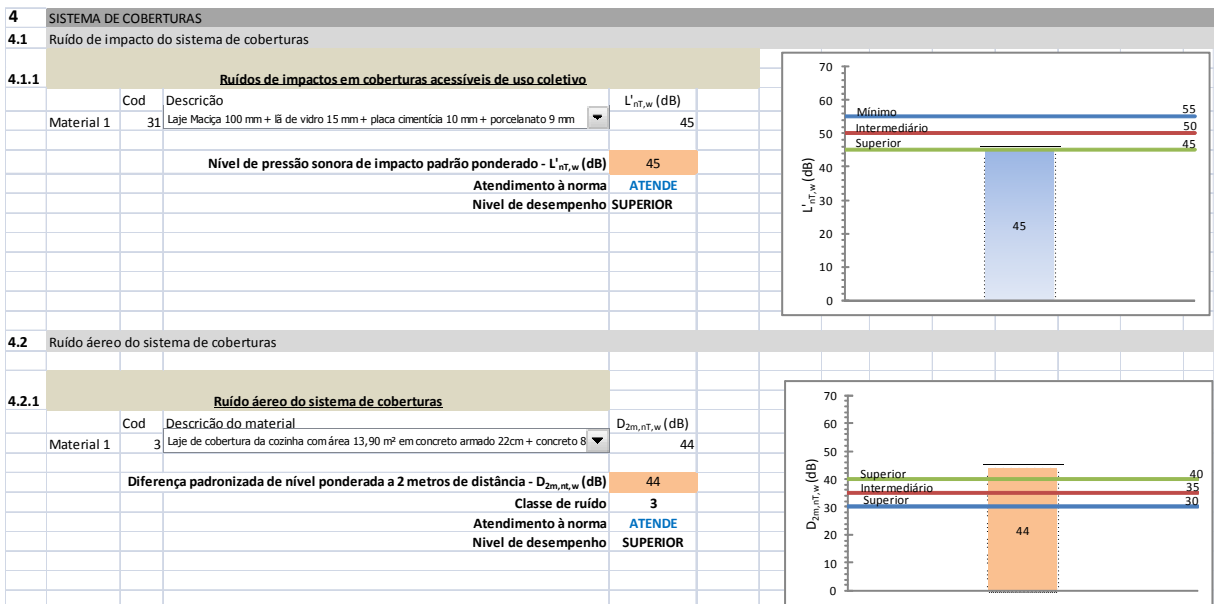


Figura 24 – Planilha A – Desempenho acústico do sistema de coberturas

Como resultado da caracterização de todos os elementos construtivos da edificação, é apresentado, na guia Resumo, um quadro resumido de cada elemento e sua condição de atendimento aos requisitos da norma e nível de desempenho alcançado, conforme Figura 25.

Ítem	Elemento construtivo	Atendimento à norma	Nível de desempenho
1	FACHADA		
1.1	Parede de vedação externa - Fachada	ATENDE	INTERMEDIÁRIO
2	PAREDES DE VEDAÇÃO INTERNA		
2.1	Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	ATENDE	MÍNIMO
2.2	Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	ATENDE	MÍNIMO
2.3	Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos	NÃO ATENDE	-
2.4	Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria dos pavimentos	ATENDE	SUPERIOR
2.5	Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	ATENDE	MÍNIMO
2.6	Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall	ATENDE	SUPERIOR
3	SISTEMA DE PISOS		
3.1	Ruído de impacto em sistema de pisos		
3.1.1	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos	ATENDE	INTERMEDIÁRIO
3.1.2	Sistema de piso de áreas de uso coletivo (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	ATENDE	SUPERIOR
3.2	Ruído aéreo dos sistemas de pisos entre unidades habitacionais		
3.2.1	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório	NÃO ATENDE	-
3.2.2	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos	NÃO ATENDE	-
3.2.3	Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas comuns 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 comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos, bem como em pavimentos distintos	NÃO ATENDE	-
4	SISTEMA DE COBERTURAS		
4.1	Ruído de impacto do sistema de coberturas		
4.1.1	Ruídos de impactos em coberturas acessíveis de uso coletivo	ATENDE	SUPERIOR
4.2	Ruído aéreo do sistema de coberturas		
4.2.1	Ruído aéreo do sistema de coberturas	ATENDE	SUPERIOR

Figura 25 – Planilha A – Quadro resumo do desempenho acústico

A partir do quadro resumo, é apresentado um gráfico de barras com o percentual de atendimento aos requisitos da norma por cada um dos sistemas construtivos do empreendimento. Este gráfico é exemplificado na Figura 26.

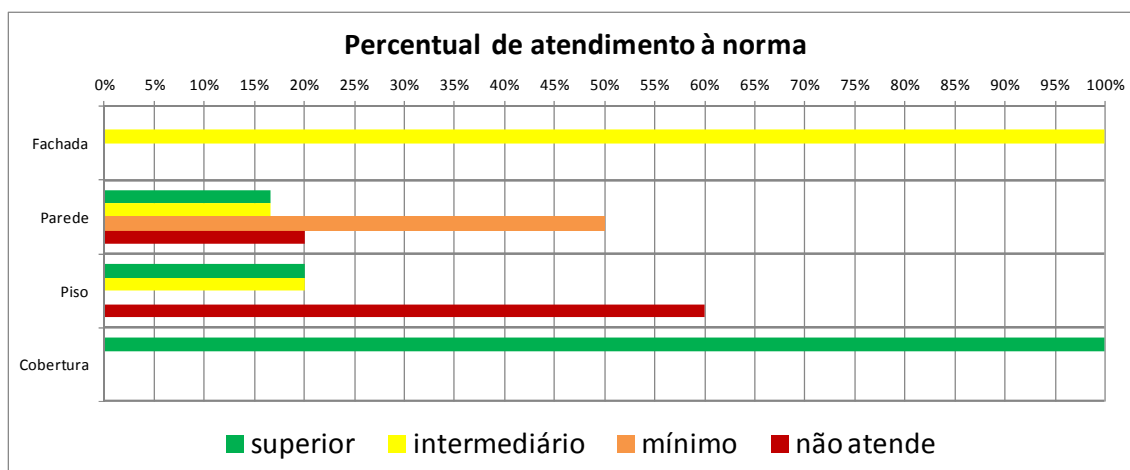


Figura 26 – Planilha A – Gráfico do percentual de atendimento à norma por sistema construtivo

5.1.2 Planilha de verificação de desempenho acústico B

Na Planilha B são utilizados somente dados de medições realizadas a campo. As paredes de vedação externas podem ser verificadas através da utilização da diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância - $D_{2m,nt,w}$ e as paredes de vedação internas podem ser verificadas através da diferença padronizada de nível ponderada - $D_{nT,w}$. Para os ruídos de impacto em pisos e coberturas é adotado o “nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado” - $L'_{nT,w}$. Para medições de ruído aéreo em sistemas de pisos é utilizada a “diferença padronizada de nível ponderada” - $D_{nT,w}$ e para medições de ruído aéreo em coberturas é utilizada a “diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância” - $D_{2m,nt,w}$. Os valores compilados na literatura e inseridos nos bancos de dados da planilha B são apresentados nos Apêndices deste trabalho de dissertação.

A operação da planilha B é feita exatamente da mesma forma que a planilha A. A caracterização e verificação da fachada é apresentada na Figura 27.

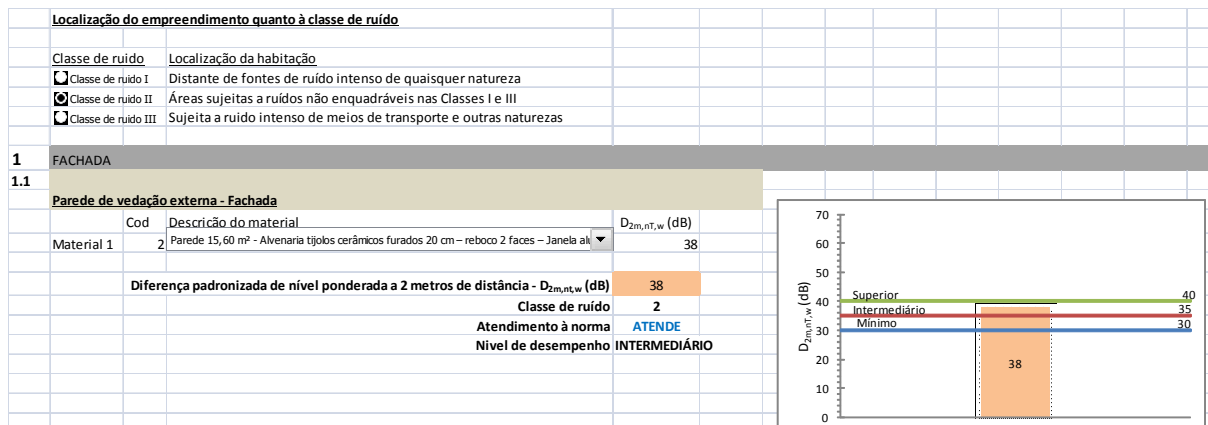


Figura 27 – Planilha B – Desempenho acústico da parede de vedação externa - Fachada

Para as paredes de vedação interna, a caracterização e verificação do desempenho é apresentada na Figura 28.

Os demais elementos construtivos da edificação são caracterizados e apresentados exatamente da mesma forma que na planilha “A”, assim como o quadro resumo e o gráfico representativo do percentual de atendimento à norma.

2 PAREDES DE VEDAÇÃO INTERNA					
2.1 Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório					
Material 1	Cod	Descrição do material	$D_{nt,w}$ (dB)	Área (m ²)	
	9	Parede - Blocos estruturais (14x19x29)cm - revestimento alvenaria 2 lados - 10 MPa - esp	43	10	
Diferença padronizada de nível ponderada - $D_{nt,w}$ (dB)			43		
Atendimento à norma			NÃO ATENDE		
Nível de desempenho			-		
2.2 Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório					
Material 1	Cod	Descrição	$D_{nt,w}$ (dB)	Área (m ²)	
	6	Parede - Tijolos 6 furos (15x10x19)cm - revestimento alvenaria 2 lados - espessura 20 cm	44	10	
Diferença padronizada de nível ponderada - $D_{nt,w}$ (dB)			44		
Atendimento à norma			NÃO ATENDE		
Nível de desempenho			-		
2.3 Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos					
Material 1	Cod	Descrição	$D_{nt,w}$ (dB)	Área (m ²)	
	4	Parede - Tijolos Maciços (17x5x22)cm - revestimento alvenaria 2 lados - espessura 22 cm	43	10	
Diferença padronizada de nível ponderada - $D_{nt,w}$ (dB)			43		
Atendimento à norma			NÃO ATENDE		
Nível de desempenho			-		
2.4 Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria dos pavimentos					
Material 1	Cod	Descrição	$D_{nt,w}$ (dB)	Área (m ²)	
	5	Parede - Tijolos Maciços (10x5x22)cm - revestimento alvenaria 2 lados - espessura 15 cm	42	10	
Diferença padronizada de nível ponderada - $D_{nt,w}$ (dB)			42		
Atendimento à norma			ATENDE		
Nível de desempenho			INTERMEDIÁRIO		
2.5 Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas					
Material 1	Cod	Descrição	$D_{nt,w}$ (dB)	Área (m ²)	
	5	Parede - Tijolos Maciços (10x5x22)cm - revestimento alvenaria 2 lados - espessura 15 cm	42	15	
Diferença padronizada de nível ponderada - $D_{nt,w}$ (dB)			42		
Atendimento à norma			NÃO ATENDE		
Nível de desempenho			-		
2.6 Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall					
Material 1	Cod	Descrição	$D_{nt,w}$ (dB)	Área (m ²)	
	2	Parede - Bloco de Concreto, espessura 140 mm com 10mm de argamassa em cada face	41	10	
Diferença padronizada de nível ponderada - $D_{nt,w}$ (dB)			41		
Atendimento à norma			NÃO ATENDE		
Nível de desempenho			-		

Figura 28 – Planilha B – Desempenho acústico das paredes de vedação interna

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final deste trabalho, obteve-se uma ferramenta composta por duas planilhas eletrônicas para subsidiar as análises técnicas do crédito imobiliário pelas instituições financiadoras, a fim de assegurar que sejam privilegiados os empreendimentos residenciais com melhor desempenho acústico. Buscou-se uma operação fácil, ágil e eficiente para os usuários, a fim de que as instituições financiadoras sejam incentivadas a ampliarem as exigências de desempenho acústico nas edificações financiadas.

As análises para concessão de crédito imobiliário da Caixa Econômica Federal – instituição escolhida ser o caso estudado no presente trabalho, ainda não contemplam os parâmetros acústicos das edificações, apesar da Caixa estar participando de estudos e debates sobre a vigência da Norma ABNT 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho. A ferramenta gerada poderá suprir essa necessidade, pois estará disponível para esse emprego, uma vez que os requisitos da NBR 15575 deverão ser exigidos a partir de 19 de jul de 2013, fazendo com que “(...) os projetos que forem protocolados para aprovação a partir dessa data terão de atender a essas exigências”. Com o relatório de resultados das planilhas eletrônicas A e B desenvolvidas neste trabalho sugere-se a criação de um anexo ao Laudo de Análise de Engenharia da Caixa, de forma a contemplar o desempenho acústico das habitações e, de acordo com os materiais e sistemas construtivos das edificações, verificar o atendimento mínimo à norma de desempenho ABNT 15575, bem como, o nível de atendimento (mínimo, intermediário ou superior) dos sistemas de fachada, paredes de vedação internas, sistemas de pisos e sistemas de coberturas das Edificações Habitacionais.

As planilhas eletrônicas desenvolvidas nesse trabalho podem ter outras aplicações comerciais, servindo de base para uma análise de projetos e/ou edificações já construídas. Fazendo as medições acústicas em laboratório ou a campo, é possível verificar a classificação do desempenho acústico da edificação de acordo com a NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho.

A revisão bibliográfica e o estudo da nova Norma NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho, bem como a ferramenta elaborada para verificação dos níveis de desempenho acústico podem subsidiar a elaboração de Manuais Normativos internos das instituições financiadoras do crédito imobiliário e normas técnicas da ABNT.

Em relação ao Nível de Desempenho Acústico cumpre ressaltar que a execução da edificação pode influenciar substancialmente nos resultados obtidos, principalmente na execução de detalhes que prejudicam a isolação dos compartimentos. Assim, o fato do atendimento dos parâmetros individualmente não garante que o conjunto da edificação garanta um ambiente plenamente livre de ruídos intrusos ou indesejáveis. O desempenho acústico depende de uma série de fatores, não sendo possível garantir que não haverá incômodos aos usuários apenas pela análise prévia do ambiente projetado.

O sucesso da aplicação da ferramenta de verificação do desempenho acústico, desenvolvida nesse trabalho, depende da existência de dados confiáveis e da permanente atualização desses dados. Foi realizada uma detalhada busca de informações e trabalhos referentes a materiais e componentes de sistemas construtivos utilizados no Brasil. Verificou-se a existência de um pequeno número de pesquisas científicas e até a inexistência de dados específicos para determinadas situações, o que levou ao emprego de valores medido em Portugal, pela similaridade observada.

A utilização das planilhas eletrônicas para verificação da qualificação dos empreendimentos quanto aos parâmetros de conforto acústico pode ser um importante instrumento para assegurar o retorno dos investimentos tecnológicos nas edificações com a futura satisfação dos consumidores.

6.1 Sugestões para futuros trabalhos

- Complementar a compilação de dados de medições de isolação e isolamento sonoros de forma a contemplar os mais variados tipos de materiais de construção e sistemas construtivos utilizados no país.

- Criar um selo para identificação do desempenho acústico das edificações que tenha fácil identificação do desempenho acústico das edificações habitacionais pelos consumidores.
- Relacionar os níveis de desempenho acústico das edificações com os valores das transações imobiliárias e mensurar o retorno dos investimentos.
- Contemplar os níveis de desempenho acústico das edificações como variáveis qualitativas nos modelos de regressão linear das avaliações de imóveis utilizados pelas empresas financiadoras do mercado imobiliário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 12179**: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 12.721**: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios — Procedimento, 2006. 2 Ed. Versão Corrigida, 2007.

_____. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro. 2013a.

_____. **NBR 15575-2**: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 2: Requisitos para os Sistemas Estruturais. Rio de Janeiro. 2013b.

_____. **NBR 15575-3**: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os Sistemas de Piso. Rio de Janeiro. 2013c.

_____. **NBR 15575-4**: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro. 2013d.

_____. **NBR 15575-5**: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para os Sistemas de Cobertura. Rio de Janeiro. 2013e.

_____. **NBR 15575-6**: Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 6: Requisitos para os Sistemas de Cobertura. Rio de Janeiro. 2013f.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - www.abnt.org.br/m5.asp?cod_noticia=1230&cod_pagina=962. Acessado em 08 /03/2013 às 9:00 hs.

BENTO COELHO, J. L. **Ruído em cidades – Estratégias de Gestão e Redução**. XXXV Congresso de Acústica TECNIACÚSTICA. Guimarães. Portugal. 2004.

BÁRING, J. G. de A. **Isolação sonora de paredes e divisórias**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Tecnologia das edificações**. São Paulo, 1988.

BÁRING, J. G. **O desempenho acústico de caixilhos de fachada no contexto do controle da poluição sonora urbana**. 1990. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

BARRY, Peter J. **Desempenho acústico em edifícios habitacionais**. Seminário Habitação: Desempenho e inovação tecnológica. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT. São Paulo, 26-27 de outubro.2005. pg 76-83.

BERANEK, L. L. **Acústica**, Edicient SAIC, 1987.

BERANEK, L. L.; VÉR, I. L. **Noise and vibration control engineering: principles and applications**. 4. ed. New York: Wiley Interscience Publications, 1992. 823 p.

BISTAFA, R. S. **Acústica Aplicada ao Controle do Ruído**. São Paulo. Edgar Blucher, 2006.

BRONDANI, S. **Pisos flutuantes: análise da performance acústica para ruído de impacto**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.

BRASIL. Lei nº 8.078, de 11 de setembro de 1990, **Código de defesa do consumidor**. Dispõe sobre a proteção do consumidor. Disponível em: <[HTTP://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L8078.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil/leis/L8078.htm)>. Acessado em 25 de Julho de 2011.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **AE 098**. Análise e Acompanhamento do Crédito Imobiliário. Brasília, 2011.

_____.**AE 023** Avaliação de Bens. Brasília, 2011.

_____.**AE 091** Verificação de Garantia de Desempenho de Sistemas Construtivos Inovadores. Brasília, 2011.

_____.**MN HH003** - Carta de Crédito FGTS - Individual - Recursos do FGTS – CAIXA, 2012.

_____.**MN HH021** - Programa Imóvel na Planta – Associativo - Recursos FGTS - CAIXA, 2012.

_____.**MN HH050** - PAR - Programa de Arrendamento Residencial - CAIXA, 2012.

_____.**MN HH073** - PSH Financiamento - Programa de Subsídio à Habitação de Interesse Social com Financiamento Habitacional - CAIXA, 2012.

_____.**MN HH080** - Aquisição de Material de Construção - Programa FAT Habitação - Recursos FAT - CAIXA, 2012.

_____.**MN HH110** - Programa Crédito Solidário - Recursos Fundo de Desenvolvimento Social - FDS - SFH - CAIXA, 2012.

_____.**MN HH113** - Carta de Crédito FGTS - Individual - Operações Coletivas - Recursos do FGTS - CAIXA, 2012.

_____. **MN HH117** - Alocação de Recursos - FGTS/SBPE - CAIXA, 2012.

_____. **MN HH118** - Carta de Crédito SBPE SFH e Fora do SFH - CAIXA, 2012.

_____. **MN HH120** - Programa Imóvel na Planta - Associativo - Recursos SBPE - CAIXA, 2012.

_____. **MN HH122** - Financiamento à Produção de Imóveis - Recursos do FGTS e do SBPE - PJ - CAIXA, 2012.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. www.sucoi.mz.caixa/sismn/historico/normatizacao. Acessado em 18/12/2012 às 13: 56 hs.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL - **SELO CASA AZUL - GUIA CAIXA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL: Boas práticas para habitação mais sustentável** - coordenadores JOHN, V. M.; PRADO, R. T. A. São Paulo: Páginas & Letras, 2010.

CARVALHO, Régio P. **Acústica Arquitetônica**. 2nd. Brasília: Thesaurus, 2010. 238p.

DE GODOY, M; MORAES, E.C. **Projeto e implementação de câmaras de ensaio acústico de esquadrias**. XXIV Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica – SOBRAC, 2012.

DONDÉ, A. C. P. **Análise da isolamento acústica de diferentes tipos de paredes e divisórias comercialmente utilizadas na construção civil**. 2008. 115p. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008.

FERRAZ, R. **Atenuação de ruído de impacto em pisos de edificações de pavimentos múltiplos**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FERREIRA NETO, M. de F. **Nível de conforto acústico: uma proposta para edifícios residenciais**. 2009. 257 f. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, SP, 2009.

FRIEDRICH, A. F. **Avaliação da contribuição do revestimento na isolamento sonora de paredes de alvenaria**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

GERGES, S.N.Y. **Ruído: Fundamentos e Controle**. 2. ed. Revista e ampliada, Florianópolis, SC: NR editora, 2000. 675p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo; Atlas, 2002.

GINN, K. B. *Architectural Acoustics*. Brüel & Kjaer. 1978.

HARRIS, C. M. **Noise control in buildings: a practical guide for architects and engineers**. 2 ed. Nova York: McGraw-Hill, 1998. 646 p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Requiriments for laboratory test facilities with suppressed flanking transmission. **ISO 140 - 1**. Genève. 1997.

_____. Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 2: Determination, verification and application of precision data. **ISO 140 - 2**. Genève. 1993.

_____. Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements. **ISO 140 - 3**. Genève. 1995.

_____. Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms. **ISO 140 - 4**. Genève. 1998.

_____. Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades. **ISO 140 - 5**. Genève. 1995.

_____. Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements –Part 6: Laboratory measurements of impact sound insulation of floor. **ISO 140 - 6**. Genève. 1978.

_____. Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements –Part 7: Field measurements of airborne sound insulation of floor. **ISO 140 - 7**. Genève. 1978.

_____. **ISO 354** – Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room. Genève. 2003.

_____. **ISO 717-1** – Rating of Sound Insulation in Building Elements Part 1: Airborne Sound Insulation. Genève. 1996.

_____. **ISO 10052** – Acoustics – Field measurement of airborne and impact sound insulation and of service equipment sound – Survey method Genève. 2004.

LAHTELA, Tero. **Sound Insulation. Guidelines for wooden residential buildings**. Wood Focus: Finlândia. 2005. 114 p.

LOSSO, M.; VIVEIROS, E. **Gesso Acartonado e Isolamento Acústico: Teoria versus prática no Brasil**. In: I CLACS - Conferência Latino Americana de Construção Sustentável, ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2004.

MARTINS, B. F. M. **Avaliação de incomodidade provocada por ruído e vibração de baixa frequência em edifícios de habitação.** Dissertação (Mestrado) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Portugal. 2009.

MATEUS, D. **Acústica de Edifícios e Controlo de Ruído.** Textos de apoio à disciplina “Acústica Aplicada”, DEC-FCTUC, Coimbra, 2008 - disponível em <http://paginas.fe.up.pt/~pgrpe/conteudos/ARE/Apontamentosdadisciplina.pdf> acessado em 11/01/2013 às 11:00 hs.

MÉNDEZ, A., STORNINI, A. J., SALAZAR, E. B. et al. **Acustica arquitectonica.** Buenos Aires: UMSA, 1994.

METHA, Madan; JOHNSON, Jim; ROCAFORT, Jorge. **Architectural acoustics: principles and design.** Columbus: Prentice Hall, 1999. 446 p.

MITIDIERI FILHO, Claudio Vicente. **Avaliação de desempenho de componentes construtivos inovadores destinados a habitações: proposições à avaliação do desempenho estrutural.** 1998. 256 f. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 1998.

NEUBAUER, P. M. **Estudo Comparativo entre diversos Sistemas de Pisos de Madeira quanto ao Isolamento do ruído de Impacto.** XXII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica, Belo Horizonte, 2008.

NEPOMUCENO, Luíza de A. **Elementos de Acústica física e Psicoacústica.** São Paulo: Edgard Blücher, 1994. 104p.

OLIVEIRA, M. A. **Estudo da Eficiência da duplicação de janelas na melhoria do isolamento acústico destes componentes.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

PAIXÃO, D. X. **Análise das Condições Acústicas em Sala de Aula.** 1996. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 1997.

PAIXÃO, D. X. **Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria, utilizando análise estatística de energia (SEA).** 2002. 161p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2002.

PAIXÃO, D. X. **Qualificação e competência profissional em acústica: exigências de um mercado em expansão.** Revista Acústica e Vibrações, n. 43, SOBRAC, 2011.

PATRÍCIO, J. V. – **Isolamento sonoro a sons aéreos e de percussão.** Metodologias de caracterização. Lisboa, LNEC, 1999.

PATRÍCIO, J. V. – **Comportamento acústico de pavimentos não-homogêneos de edifícios modelo de simulação.** Tese de Doutorado, LNEC, Lisboa, 1999.

PATRÍCIO, J. V. – **Acústica nos edifícios.** Edição de autor, 2ª Ed., Lisboa, 2004.

PEDROSO, M. – **Estudo comparativo entre as modernas composições de pisos flutuantes quanto ao isolamento ao ruído de impacto.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

PINTO, R.B. **Determinação experimental e numérica da Redução sonora aérea em paredes de Alvenaria utilizadas em habitações.** Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

PISANI, A. P. G. **Estudo de Cortinas Black-Out como Componentes no Isolamento Sonoro de Fachadas.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008.

PORTUGAL. Decreto-Lei n° 0/2007, de 17 de janeiro de 2007. **Regulamento Geral do Ruído.** Disponível em: <[HTTP://www.psp.pt/Legislacao/DecLei_9-2007.pdf](http://www.psp.pt/Legislacao/DecLei_9-2007.pdf)>. Acessado em 08 de março de 2013.

RECCHIA, C. **Estudo do desempenho acústico dos elementos construtivos que compõem a fachada.** 2001. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

SAINT-GOBAIN GLASS. **Manual do vidro 2000.** Santa Iria de Azoia, 2000.

SAMPAIO , M. R. A.; PEREIRA , P. C. X. **Estudos Avançados - Habitação em São Paulo** - São Paulo, 2003.

SCHERER, M.J. **Estudo do isolamento sonoro de vidros de diferentes tipos e espessuras, em vitragem simples e dupla.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

SILVA, D. T. **Estudo da isolação sonora em paredes divisórias de diversas naturezas.** 2000. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

SILVA, P. **Acústica arquitetônica & condicionamento de ar.** Belo Horizonte: EDTAL, 1997.

SOUZA, Léa Cristina Lucas; ALMEIDA, Manoela Guedes de; BRAGANÇA, Luís. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a Arquitetura** - São Carlos: EdUFSCar, 2006.

UNIVERSIDADE CAIXA – **Introdução à habitação** – Programa de Capacitação à Distância – Universidade Caixa, 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. **Estrutura e apresentação de monografias, dissertações e teses.** 7 ed. rev. e atual. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2010.

VASCONCELOS , J. R.; CÂNDIDO JÚNIOR , J. O. **O Problema Habitacional no Brasil: Deficit , Financiamento e Perspectivas** - IPEA, 1996.

WHO. World Health Organization. <http://www.euro.who.int/en/what-we-publish/information-for-the-media/sections/latest-press-releases/new-evidence-from-who-on-health-effects-of-traffic-related-noise-in-europe> . Acesso em: 29 de ago 2011.

APÊNDICES

Apêndice A – Tabela de dados de redução sonora ponderado – R_w

Dado	Descrição da Parede	R_w (dB)	Fonte
1	-		
2	Bloco de concreto, espessura de 90 mm e 15 mm de argamassa em cada face.	40	BARRY, 2005
3	Bloco de concreto, espessura de 140 mm e 15 mm de argamassa em cada face.	40	BARRY, 2005
4	Bloco cerâmico, espessura de 90 mm e 15 mm de argamassa em cada face.	38	BARRY, 2005
5	Bloco cerâmico, espessura de 140 mm e 15 mm de argamassa em cada face.	38	BARRY, 2005
6	Tijolo cerâmico maciço, espessura de 100 mm e 25 mm de argamassa em cada face.	45	BARRY, 2005
7	Tijolo cerâmico maciço, espessura de 100 mm e 25 mm de argamassa em cada face.	52	BARRY, 2005
8	BR2-A - Bloco Concreto 90 mm + 30 mm argamassa	40	FERREIRA NETO,2009
9	BR2 - B - Bloco Concreto 90 mm + 30 mm argamassa	40	FERREIRA NETO,2009
10	BR3 - Bloco Concreto 115 mm + 30 mm argamassa	40	FERREIRA NETO,2009
11	BR4 - Bloco Concreto 140 mm + 30 mm argamassa	44	FERREIRA NETO,2009
12	BR5 - Bloco Cerâmico 115 mm + 30 mm argamassa	37	FERREIRA NETO,2009
13	BR6 - Bloco Cerâmico 140 mm + 30 mm argamassa	39	FERREIRA NETO,2009
14	Gesso Acartonado Knauf W111 73/48/600 - 2 x 12,5 GKB-AK - Sem lâ de vidro	34	LOSSO, 2004
15	Gesso Acartonado Knauf W111 73/48/600 - 2 x 12,5 GKB-AK - Com lâ de vidro	44	LOSSO, 2004
16	Gesso Acartonado Knauf W115 195/70/600 -4 x 12,5 GKB-AK - Sem lâ de vidro	51	LOSSO, 2004
17	Gesso Acartonado Knauf W115 195/70/600 -4 x 12,5 GKB-AK - Com lâ de vidro	61	LOSSO, 2004
18	Gesso Acartonado Lafarge D 100/75/600 - 2 BR 12,5 - sem lâ de vidro	39	LOSSO, 2004
19	Gesso Acartonado Lafarge D 100/75/600 - 2 BR 12,5 -com lâ de vidro	45	LOSSO, 2004
20	Gesso Acartonado Lafarge D 125/75/600 - 4 BR 12,5 - sem lâ de vidro	45	LOSSO, 2004
21	Gesso Acartonado Lafarge D 125/75/600 - 4 BR 12,5 -com lâ de vidro	50	LOSSO, 2004
22	Gesso Acartonado Placo D 73/48/600 - 1 st 12,5 / 1 st 12,5 - sem lâ de vidro	36	LOSSO, 2004
23	Gesso Acartonado Lafarge D 73/48/600 - 1 st 12,5 / 1 st 12,5 -com lâ de vidro	43	LOSSO, 2004
24	Gesso Acartonado Placo D 73/48/600 - 2 st 12,5 / 2 st 12,5 - sem lâ de vidro	42	LOSSO, 2004
25	Gesso Acartonado Lafarge D 73/48/600 - 2 st 12,5 / 2 st 12,5 -com lâ de vidro	49	LOSSO, 2004

26	Vidros Monolíticos Comuns 3 mm - 7,5 Kg/m ²	29	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
27	Vidros Monolíticos Comuns 4 mm - 10,0 Kg/m ²	30	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
28	Vidros Monolíticos Comuns 5 mm - 12,5 Kg/m ²	30	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
29	Vidros Monolíticos Comuns 6 mm - 15,0 Kg/m ²	31	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
30	Vidros Monolíticos Comuns 8 mm - 20,0 Kg/m ²	32	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
31	Vidros Monolíticos Comuns 10 mm - 25,0 Kg/m ²	33	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
32	Vidros Monolíticos Comuns 12 mm - 30,0 Kg/m ²	34	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
33	Vidros Monolíticos Comuns 15 mm - 37,5 Kg/m ²	36	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
34	Vidros Monolíticos Comuns 19 mm - 47,5 Kg/m ²	37	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
35	Vidros Laminados (3+3.1) 6 mm - 15,5 Kg/m ²	32	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
36	Vidros Laminados (4+4.1) 8 mm - 20,5 Kg/m ²	33	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
37	Vidros Laminados (5+5.1) 10 mm - 25,5 Kg/m ²	35	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
38	Vidros Laminados (6+6.1) 12 mm - 30,5 Kg/m ²	35	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
39	Vidros Laminados (3+3.2) 7 mm - 16,0 Kg/m ²	33	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
40	Vidros Laminados (4+4.1) 9 mm - 21,0 Kg/m ²	34	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
41	Vidros Laminados (5+5.1) 11 mm - 26,0 Kg/m ²	35	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
42	Vidros Laminados (6+6.2) 13 mm - 31,0 Kg/m ²	35	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
43	Vidros Laminados (4+4.4) 10 mm - 21,5 Kg/m ²	34	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
44	Vidro Laminado especial acústico (3+3.1) 6 mm - 15,5 Kg/m ²	36	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
45	Vidro Laminado especial acústico (4+4.1) 8 mm - 20,5 Kg/m ²	37	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
46	Vidro Laminado especial acústico (5+5.1) 10 mm - 25,5 Kg/m ²	38	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
47	Vidro Laminado especial acústico (3+3.2) 7 mm - 16,0 Kg/m ²	36	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
48	Vidro Laminado especial acústico (4+4.2) 9 mm - 21,0 Kg/m ²	37	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
49	Vidro Laminado especial acústico (5+5.2) 11 mm - 26,0 Kg/m ²	38	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000

50	Vidro Laminado especial acústico (6+4.2) 11 mm - 26,0 Kg/m ²	38	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
51	Vidro Laminado especial acústico (6+6.2) 13 mm - 31,0 Kg/m ²	39	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
52	Vidro Laminado especial acústico (4+4.4) 10 mm - 21,5 Kg/m ²	37	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
53	Vidros Duplos 4 (6) 4 - 14 mm 20,0 Kg/m ²	30	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
54	Vidros Duplos 4 (8) 4 - 16 mm 20,0 Kg/m ²	30	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
55	Vidros Duplos 4 (10) 4 - 18 mm 20,0 Kg/m ²	30	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
56	Vidros Duplos 4 (12) 4 - 20 mm 20,0 Kg/m ²	30	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
57	Vidros Duplos 4 (15/16) 4 - 23/24 mm 20,0 Kg/m ²	30	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
58	Vidros Duplos 4 (15) 5 - 24 mm 22,5 Kg/m ²	33	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
59	Vidros Duplos 5 (12) 5 - 22 mm 25,0 Kg/m ²	32	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
60	Vidros Duplos 6 (12) 6 - 24 mm 30,0 Kg/m ²	33	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
61	Vidros Duplos 6 (15/16) 6 - 27/28 mm 30,0 Kg/m ²	33	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
62	Vidros Duplos 8 (12) 8 - 28 mm 40,0 Kg/m ²	34	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
63	Vidros Duplos 8 (15/16) 4 - 31/32 mm 40,0 Kg/m ²	34	SAINT-GOBAIN GLASS, 2000
64	parede "A" - blocos de alvenaria estrutural - 190x190x290 mm - 7 MPa - vazados e ranhurados, em osso.	43	FRIEDRICH, 2010
65	parede "A" - blocos de alvenaria estrutural - 190x190x290 mm - 7 MPa - vazados e ranhurados, revestida na face externa com emboço (massa média) 2 cm e reboco 2 mm.	45	FRIEDRICH, 2010
66	parede "A" - blocos de alvenaria estrutural - 190x190x290 mm - 7 MPa - vazados e ranhurados, revestida nas duas faces com emboço 2 cm e reboco 2 mm.	47	FRIEDRICH, 2010
67	parede "B" - blocos de alvenaria estrutural - 140x190x290 mm - 7 MPa - vazados e ranhurados, em osso.	38	FRIEDRICH, 2010
68	parede "B" - blocos de alvenaria estrutural - 140x190x290 mm - 7 MPa - vazados e ranhurados, revestida na face externa com chapisco 5 mm emboço (massa média) 2 cm e reboco 2 mm.	42	FRIEDRICH, 2010
69	parede "B" - blocos de alvenaria estrutural - 140x190x290 mm - 7 MPa - vazados e ranhurados, revestida na face externa com chapisco 5 mm emboço (massa média) 1,5 cm e reboco 2 mm.	43	FRIEDRICH, 2010
70	parede "B" - blocos de alvenaria estrutural - 140x190x290 mm - 7 MPa - vazados e ranhurados, revestida na face externa com chapisco 5 mm emboço (massa média) 1,5 cm, reboco 2 mm e textura na face externa	44	FRIEDRICH, 2010

71	parede "C" - blocos de alvenaria estrutural - 190x190x290 mm - 7 MPa - vazados e ranhurados, em osso.	40	FRIEDRICH, 2010
72	parede "C" - blocos de alvenaria estrutural - 140x190x290 mm - 7 MPa - vazados e ranhurados, revestida na face externa com chapisco 5 mm emboço (massa grossa) 1,5 cm e reboco 2 mm.	43	FRIEDRICH, 2010
73	parede "C" - blocos de alvenaria estrutural - 140x190x290 mm - 7 MPa - vazados e ranhurados, revestida nas duas faces com chapisco 5 mm emboço (massa grossa) 1,5 cm e reboco 2 mm.	44	FRIEDRICH, 2010
74	Parede com blocos de 30 furos (14cm x 19cm x 29cm) e uma seção retangular com dimensões 8 x 4,5cm – sem revestimento (185 Kg/m ²).	38	DONDÉ, 2008
75	Parede com blocos de 30 furos (14cm x 19cm x 29cm) e uma seção retangular com dimensões 8 x 4,5cm – com revestimento (245,5 Kg/m ²).	50	DONDÉ, 2008
76	Parede com blocos de 16 furos (20cm x 20cm x 20cm) – Com revestimento (246,5 Kg/m ²).	50	DONDÉ, 2008
77	Parede com blocos de 9 furos (19cm x 19cm x 29cm) – com revestimento (188,5 Kg/m ²).	42	DONDÉ, 2008
78	Parede com blocos cerâmicos BV (14cm x 19cm x 29cm) – com revestimento parcial – emissão (externo).(207,5 Kg/m ²).	41	DONDÉ, 2008
79	Parede com blocos cerâmicos BV (14cm x 19cm x 29cm) – com revestimento (226,5 Kg/m ²).	43	DONDÉ, 2008
80	Parede com tijolo maciço – sem revestimento (190,75 Kg/m ²).	41	DONDÉ, 2008
81	Parede de tijolo maciço –com revestimento parcial – emissão (externo).(238,75 Kg/m ²).	47	DONDÉ, 2008
82	Parede de tijolo maciço (10,5 x 5 x 22cm) – com revestimento (285,75 Kg/m ²).	50	DONDÉ, 2008
83	Parede de blocos vazados de concreto (14cm x 19cm x 39cm) – sem revestimento (242,5 Kg/m ²).	43	DONDÉ, 2008
84	Parede de blocos vazados de concreto (14cm x 19cm x 39cm) – com revestimento parcial (255,5 Kg/m ²).	49	DONDÉ, 2008
85	Parede de blocos vazados de concreto (14cm x 19cm x 39cm) – com revestimento (240,5 Kg/m ²).	50	DONDÉ, 2008
86	Parede de blocos cerâmicos estruturais (14cm x 19cm x 29cm) – sem revestimento (170 Kg/m ²).	35	DONDÉ, 2008
87	Parede de blocos cerâmicos estruturais (14cm x 19cm x 29cm) – revestimento parcial – emissão (externo).(217,5 Kg/m ²).	40	DONDÉ, 2008
88	Parede de blocos cerâmicos estruturais (14cm x 19cm x 29cm) – com revestimento (227,5 Kg/m ²).	41	DONDÉ, 2008
89	Divisórias de gesso acartonado – 2 painéis de gesso acartonado separados por ar e = 4,8cm, m1=m2=12,5 Kg/m ² .	35	DONDÉ, 2008
90	Parede Dry Wall Placostil 72/48/SFV – 2 painéis de 12,5mm e = 4,8cm, m1=m2=13,0Kg/m ² .	36	DONDÉ, 2008
91	Parede de Distribuição D72/48/60 ^a - 2 painéis de 12,5mm e = 4,8cm, m1=m2=12,5Kg/m ² .	37	DONDÉ, 2008
92	Divisória Placostil 98/48/SFV - 2 painéis de 12,5mm e = 7,3cm, m1=m2=26,0Kg/m ² .	41	DONDÉ, 2008

93	Divisórias de gesso acartonado – 2 painéis de gesso acartonado separados por ar e = 9,0cm, m1=m2=12,5 Kg/m ² - com lâ de vidro.	47	DONDÉ, 2008
94	Parede Dry Wall Placostil 72/48/SFV – 2 painéis de 12,5mm e = 4,8cm, m1=m2=13,0Kg/m ² - com lâ de vidro.	43	DONDÉ, 2008
95	Parede de Distribuição D72/48/60 ^a - 2 painéis de 12,5mm e = 4,8cm, m1=m2=12,5Kg/m ² - com lâ de vidro.	44	DONDÉ, 2008
96	Divisória Placostil 98/48/SFV - 2 painéis de 12,5mm e = 7,3cm, m1=m2=26,0Kg/m ² - com lâ de vidro.	49	DONDÉ, 2008
97	Parede interna de gesso acartonado, 2 painéis de 12,5mm em cada face e=9,0cm, m1=m2=25,0Kg/m ² , com lâ de vidro.	61	DONDÉ, 2008
98	Parede composta por painéis com 140mm de espessura, pré-montados com placas de EPS com 80mm de espessura e reboco de argamassa com 30mm de cada lado – Sistema Construtivo Hi-Tech.	23	DONDÉ, 2008
99	Divisória Modular de PVC.	24	DONDÉ, 2008
100	Parede composta por painéis (135x350cm), com 100mm de espessura, pré-montados com placas de fibra de vidro com núcleo de Poliuretano.	25	DONDÉ, 2008
101	Parede composta de placas de gesso acartonado com uma Manta de Polipropileno com 50mm de espessura colocada dentro da mesma.	40	DONDÉ, 2008
102	Parede de PVC – 75mm com enchimento de concreto com cinza volante.	42	DONDÉ, 2008
103	Parede com Barreira Acústica ORMIFLEX colocada no interior de uma parede de gesso acartonado com lâ de vidro.	45	DONDÉ, 2008
104	Parede de tijolo de 11 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face.	43	MATEUS, 2008
105	Parede de tijolo de 15 cm de espessura, com junta de argamassa horizontal e vertical totalmente preenchida e com cerca de 2 cm de reboco por face.	45	MATEUS, 2008
106	Parede dupla de tijolo de 11+11 cm de espessura, com caixa de ar 4 cm, preenchida de lâ de rocha de 70 Kg/m ³ , com junta totalmente preenchidas e com cerca de 2 cm de reboco por face exterior.	51	MATEUS, 2008
107	Parede dupla de tijolo de 15+11 cm de espessura, com caixa de ar 4 cm, preenchida de lâ de rocha de 70 Kg/m ³ , com junta totalmente preenchidas e com cerca de 2 cm de reboco por face exterior.	53	MATEUS, 2008
108	Parede dupla de tijolo de 15+15 cm de espessura, com caixa de ar 4 cm, preenchida de lâ de rocha de 70 Kg/m ³ , com junta totalmente preenchidas e com cerca de 2 cm de reboco por face exterior.	56	MATEUS, 2008
109	4 placas de gesso acartonado de 13 mm, sem caixas de ar.	39	MATEUS, 2008
110	Porta aligeirada corrente, com núcleo oco, e algumas frinchas (m=9Kg/m ²).	18	MATEUS, 2008
111	Porta de madeira maciça, com batente e tratamento de frinchas em todo o seu contorno (m=61 Kg/m ²).	28	MATEUS, 2008
112	2 placas de gesso acartonado de 13 mm em montantes de 48 mm + separação de 10 mm + 2 placas de gesso cartonado de 13 mm em montantes de 48 mm, com 2x 40 mm de lâ de rocha na caixa de ar.	54	MATEUS, 2008

113	Pavimento pré-esforçado com blocos de 16 cm e camada de betão de 4 cm de espessura, com revestimento cerâmico.	49	MATEUS, 2008
114	Pavimento pré-esforçado com blocos de 21 cm e camada de betão de 5 cm de espessura, com revestimento cerâmico.	50	MATEUS, 2008
115	Janela de abrir, com vidro duplo 6+4 mm e caixa de ar de 10 mm, com adequada vedação de frinchas.	30	MATEUS, 2008
116	Janela de abrir, com vidro duplo 6+4 mm e caixa de ar de 10 mm, com razoável vedação de frinchas.	27	MATEUS, 2008
117	Janela de abrir, com vidro duplo 8+6 mm e caixa de ar de 12 mm, com adequada vedação de frinchas.	36	MATEUS, 2008
118	Janela dupla, com um caixilho de correr em vidro duplo de 4+4 mm (com razoável vedação de frinchas) e segundo caixilho de abrir, com vidro simples de 8 mm, separados de 100 mm.	47	MATEUS, 2008
119	Esquadria com caixilhos de correr com duas folhas em perfis de alumínio e panos de vidro insulado (4 mm + 9 mm ar + 4 mm), com dimensões de 1,20 x 1,00 m	31	DE GODOY
120	Parede - Blocos cerâmicos de vedação (14x19x29)cm - reboco argamassa 2 lados - espessura 18 cm - 170,3 Kg/m ²	43	PINTO, 2011
121	Parede - Blocos de concretos (14x19x29)cm - 10 MPa - reboco gesso 2 lados - espessura 16 cm - 171 Kg/m ²	42	PINTO, 2011
122	Parede - Blocos cerâmicos estruturais (14x19x29)cm - 12 MPa - reboco argamassa 2 lados - espessura 17,5 cm - 216,5 Kg/m ²	49	PINTO, 2011
123	Parede - Blocos cerâmicos estruturais (14x19x29)cm - reboco argamassa 2 lados - espessura 19 cm - 239,8 Kg/m ²	50	PINTO, 2011
124	Parede - Blocos de concretos (14x19x29)cm - 10 MPa - reboco gesso 2 lados - espessura 17,5 cm - 241,5 Kg/m ²	51	PINTO, 2011
125	Parede - Tijolos Maciços (5x10,5x22)- 10 MPa - reboco argamassa 2 lados - espessura 15,5 cm - 290,5 Kg/m ²	50	PINTO, 2011
126	Parede alvenaria em tijolo maciço - espessura 22 cm	50	OLIVEIRA, 2007
127	Janela de Correr - Tecnologia regional - vidro 4 mm	18	OLIVEIRA, 2007
128	Duas janelas de correr - Tecnologia regional - ambos os vidros 4 mm	26	OLIVEIRA, 2007
129	Janela maxim-ar de PVC - vidro 4mm	28	OLIVEIRA, 2007
130	Janela maxim-ar de PVC - vidro 6 mm	29	OLIVEIRA, 2007
131	Janela maxim-ar de PVC - vidro 8 mm	29	OLIVEIRA, 2007
132	Janela maxim-ar de PVC (boa estanqueidade) com vidros duplos 4 e 6 mm - espaçados 12 mm + janela maxim-ar de PVC (boa estanqueidade) com vidro 6 mm.	37	OLIVEIRA, 2007
133	Janela maxim-ar de PVC (boa estanqueidade) com vidros duplos 4 e 6 mm - espaçados 12 mm + janela maxim-ar de PVC (boa estanqueidade) com vidro 8 mm.	37	OLIVEIRA, 2007
134	Janela maxim-ar de PVC - vidros 8 mm + janela maxim-ar de PVC - vidro 6 mm.	34	OLIVEIRA, 2007

Apêndice B – Tabela de dados Nível de pressão sonora de impacto padrão ponderado - $L'_{nt,w}$

Dado	Descrição do Piso	$L'_{nt,w}$ (dB)	Fonte
0	-		
1	Laje concreto 12 cm + piso cerâmico	73	BRONDANI (1999)
2	Laje concreto 12 cm + lâ de vidro 15 mm + piso cerâmico	49	BRONDANI (1999)
3	Laje concreto 12 cm + isopor 15 mm + piso cerâmico	55	BRONDANI (1999)
4	Laje concreto 12 cm + lençol borracha Mercur + piso cerâmico	62	BRONDANI (1999)
5	Laje concreto 12 cm + piso madeira	67	BRONDANI (1999)
6	Laje concreto 12 cm + lâ de vidro 15 mm + piso madeira	50	BRONDANI (1999)
7	Laje concreto 12 cm + isopor 15 mm + piso madeira	57	BRONDANI (1999)
8	Laje concreto 12 cm + lençol borracha Mercur + piso madeira	67	BRONDANI (1999)
9	Laje concreto 12 cm + porcelanato	73	PEDROSO (2007)
10	Laje concreto 12 cm + lâ de vidro 15 mm + porcelanato	50	PEDROSO (2007)
11	Laje concreto 12 cm + ruberflex + porcelanato	62	PEDROSO (2007)
12	Laje concreto 12 cm + polietileno 5 mm + porcelanato	65	PEDROSO (2007)
13	Laje concreto 12 cm + isopor 25 mm + porcelanato	62	PEDROSO (2007)
14	Laje concreto 12 cm + laminado	75	PEDROSO (2007)
15	Laje concreto 12 cm + lâ de vidro 15 mm + laminado	50	PEDROSO (2007)
16	Laje concreto 12 cm + ruberflex + laminado	67	PEDROSO (2007)
17	Laje concreto 12 cm + polietileno 5mm + laminado	67	PEDROSO (2007)
18	Laje concreto 12 cm + isopor 25 mm + laminado	63	PEDROSO (2007)
19	Laje concreto 12 cm + tábua corrida ipê	66	NEUBAUER (2008)
20	Laje concreto 12 cm + lâ de vidro 15 mm + tábua corrida ipê	50	NEUBAUER (2008)
21	Laje concreto 12 cm + polietileno 5 mm + tábua corrida ipê	63	NEUBAUER (2008)
22	Laje concreto 12 cm + isopor 25 mm + tábua corrida ipê	60	NEUBAUER (2008)
23	Laje concreto 12 cm + tacos madeira	71	NEUBAUER (2008)
24	Laje concreto 12 cm + lâ de vidro 15 mm + tacos madeira	50	NEUBAUER (2008)
25	Laje concreto 12 cm + polietileno 5 mm + tacos madeira	62	NEUBAUER (2008)
26	Laje concreto 12 cm + isopor 25 mm + tacos madeira	61	NEUBAUER (2008)
27	Laje Maciça -100 mm	63	FERRAZ, 2009
28	Laje Maciça 100 mm + lâ de vidro 15 mm + argamassa 40 mm + porcelanato 9 mm	44	FERRAZ, 2009

29	Laje Maciça 100 mm + lâ de vidro 15 mm + placa cimentícia 12 mm + porcelanato 9 mm	42	FERRAZ, 2009
30	Laje Maciça 100 mm + lâ de vidro 15 mm + placa cimentícia 10 mm + porcelanato 9 mm	45	FERRAZ, 2009
31	Laje Maciça 100 mm + lâ de vidro 15 mm + placa cimentícia 20 mm + porcelanato 9 mm	45	FERRAZ, 2009
32	Laje Maciça 100 mm + argamassa 40 mm + porcelanato 9 mm	60	FERRAZ, 2009
33	Laje Maciça 100 mm + lâ de vidro 15 mm + placa sanduiche1 14 mm + porcelanato 9 mm	55	FERRAZ, 2009
34	Laje Maciça 100 mm + polietileno 10 mm + argamassa 40 mm	53	FERRAZ, 2009
35	Laje Maciça 100 mm + polietileno 10 mm + argamassa 40 mm + porcelanato 9 mm	54	FERRAZ, 2009
36	Laje Maciça 100 mm + polietileno 10 mm + argamassa 40 mm + madeira 20 mm	52	FERRAZ, 2009
37	Laje Maciça 100 mm + lâ de vidro 15 mm + placa sanduiche2 14 mm + porcelanato 9 mm	43	FERRAZ, 2009
38	Laje Maciça 100 mm + lâ de vidro 15 mm + argamassa 40 mm + madeira 20 mm	53	FERRAZ, 2009
39	Laje Maciça 100 mm + 2 lâ de vidro 30 mm + argamassa 40 mm + porcelanato 9 mm	35	FERRAZ, 2009
40	Laje Maciça 100 mm + 2 polietileno 20 mm + argamassa 40 mm + porcelanato 9 mm	50	FERRAZ, 2009
41	Laje Maciça 100 mm + argamassa 40 mm + madeira 20	59	FERRAZ, 2009
42	Laje Maciça 100 mm + 2 lâ de vidro 50 mm (100 mm) + 2 polietileno 20 mm + argamassa 40 mm + porcelanato 9 mm	36	FERRAZ, 2009

Apêndice C – Tabela de dados de Diferença padronizada de nível ponderada - $D_{nt,w}$ de pisos

Dado	Descrição do Piso	$D_{nt,w}$ (dB)	Fonte
0	-		
1	Laje Nervurada - preenchimento tijolos 8 furos - espessura 16 cm - contrapiso 4 cm - porcelanato - gesso 15 cm	38,9	CAPRARO, 2011
2	Laje Nervurada - preenchimento tijolos 8 furos - espessura 16 cm - contrapiso 4 cm - laminado - gesso 15 cm	34,2	CAPRARO, 2011
3	Laje maciça - Preenchimento Concreto 25 Mpa - espessura 10 cm - contrapiso 4 cm - Cerâmica - Gesso 10 cm	28,8	CAPRARO, 2011
4	Laje maciça - Preenchimento Concreto 25 Mpa - espessura 10 cm - contrapiso 4 cm - Cerâmica	32,3	CAPRARO, 2011
5	Laje Nervurada - Preenchimento EPS (12 Kg/cm ²) - espessura 14 cm - contrapiso 4 cm - porcelanato - gesso 15 cm	31,6	CAPRARO, 2011
6	Laje Nervurada - Preenchimento EPS (12 Kg/cm ²) - espessura 14 cm - contrapiso 4 cm - laminado - gesso 15 cm	37,5	CAPRARO, 2011

Apêndice D – Tabela de dados de Diferença padronizada de nível ponderada - $D_{nt,w}$ de paredes de vedação

Dado	Descrição da Parede	$D_{nt,w}$ (dB)	Fonte
1	-		
2	Parede - Bloco de Concreto, espessura 140 mm com 10mm de argamassa em cada face	41	BARRY, 2005
3	Parede - Bloco de Concreto, espessura 140 mm com 5mm de gesso em cada face	40	BARRY, 2005
4	Parede - Tijolos Maciços (17x5x22)cm - revestimento alvenaria 2 lados - espessura 22 cm - 1800 Kg/m ³	43	PINTO, 2011
5	Parede - Tijolos Maciços (10x5x22)cm - revestimento alvenaria 2 lados - espessura 15 cm - 1800 Kg/m ³	42	PINTO, 2011
6	Parede - Tijolos 6 furos (15x10x19)cm - revestimento alvenaria 2 lados - espessura 20 cm - 1300 Kg/m ³	44	PINTO, 2011
7	Parede - Tijolos 4 furos (10x10x19)cm - revestimento alvenaria 2 lados - espessura 15 cm - 1300 Kg/m ³	41	PINTO, 2011
8	Parede - Blocos estruturais (14x19x29)cm - revestimento alvenaria 2 lados - 8 MPa - espessura 17 cm - 200 Kg/m ³	41	PINTO, 2011
9	Parede - Blocos estruturais (14x19x29)cm - revestimento alvenaria 2 lados - 10 MPa - espessura 17 cm - 200 Kg/m ³	43	PINTO, 2011
10	Parede 12,62 m ² - Alvenaria tijolos cerâmicos furados 11 cm – reboco 2 faces.	41	MARTINS, 2009
11	Parede 14,25 m ² - Alvenaria tijolos cerâmicos furados 11 cm – reboco 2 faces.	46	MARTINS, 2009
12	Parede 10,69 m ² - Alvenaria tijolos cerâmicos furados 11 cm – reboco 2 faces.	42	MARTINS, 2009

Apêndice E – Tabela de dados de diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância - $D_{2m,nt,w}$ de Paredes de Vedação Externas - Fachadas

Dado	Descrição do Piso	$D_{2m,nt,w}$ (dB)	Fonte
0	-		
1	Parede 15,60 m ² - Alvenaria tijolos cerâmicos furados 20 cm – reboco 2 faces – Janela alumínio 7,46 m ² com vidros duplos.	38	MARTINS, 2009
2	Parede 8,32 m ² - Alvenaria tijolos cerâmicos furados 20 cm – reboco 2 faces – Janela alumínio 2,63 m ² com vidros duplos	27	MARTINS, 2009
3	Parede 22,62 m ² - Alvenaria tijolos cerâmicos furados 20 cm – reboco 2 faces – Janela alumínio 2,63 m ² com vidros duplos.	57	MARTINS, 2009
4	Parede 11,96 m ² - Alvenaria tijolos cerâmicos furados 20 cm – reboco 2 faces – Janela alumínio 5,25 m ² com vidros duplos.	50	MARTINS, 2009

Apêndice F – Tabela de dados de diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância - $D_{2m,nt,w}$ de Sistemas de Coberturas

Dado	Descrição do Piso	$D_{2m,nt,w}$ (dB)	Fonte
0	-		
1	Laje de cobertura da sala com área 26,00 m ² em concreto armado 22cm + concreto 8cm + lajotas cerâmicas 4cm.	58	MARTINS, 2009
2	Laje de cobertura da cozinha com área 13,90 m ² em concreto armado 22cm + concreto 8cm + lajotas cerâmicas 4cm.	44	MARTINS, 2009
3	Laje de cobertura do escritório com área 17,30 m ² em concreto armado 22cm + concreto 8cm + lajotas cerâmicas 4cm.	53	MARTINS, 2009
4	Laje de cobertura da suíte com área 14,70 m ² em concreto armado 22cm + concreto 8cm + lajotas cerâmicas 4cm.	56	MARTINS, 2009