



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,  
ARQUITETURA E URBANISMO**

**DESEMPENHO ACÚSTICO DE DIFERENTES TIPOLOGIAS DE  
PEITORIS VENTILADOS**

**MARIA LÚCIA GONDIM DA ROSA OITICICA**

**Campinas, SP**

**2010**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**

**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,  
ARQUITETURA E URBANISMO**

**DESEMPENHO ACÚSTICO DE DIFERENTES TIPOLOGIAS DE  
PEITORIS VENTILADOS**

**MARIA LÚCIA GONDIM DA ROSA OITICICA**

*Orientadora: Profa. Dra. Stelamaris Rolla Bertoli*

Texto apresentado à Comissão de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil, na área de Concentração de Arquitetura e Construção.

**Campinas, SP**

**2010**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

Oi8d Oiticica, Maria Lucia Gondim da Rosa  
Desempenho acústico de diferentes tipologias de  
peitoris ventilados / Maria Lúcia Gondim da Rosa  
Oiticica. --Campinas, SP: [s.n.], 2010.

Orientador: Stelamaris Rolla Bertoli.  
Tese de Doutorado - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e  
Urbanismo.

1. Isolamento acústico. 2. Acústica. 3. Energia -  
Conservação. 4. Bioclimatologia. 5. Arquitetura e  
clima. I. Bertoli, Stelamaris Rolla. II. Universidade  
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil,  
Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Acoustic performances of various types of windows ventilated sills

Palavras-chave em Inglês: Acoustic insulation, Acoustic, Energy - Conservation, Bioclimatology,  
Architecture and climate

Área de concentração: Arquitetura e Construção

Titulação: Doutor em Engenharia Civil

Banca examinadora: Ana Lúcia Nogueira de Camargo Haris, Evandro Ziggati Monteiro, Lea  
Cristina Lucas de Souza, Dinara Xavier da Paixão

Data da defesa: 05/07/2010

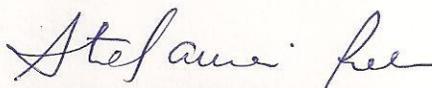
Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,**  
**ARQUITETURA E URBANISMO**

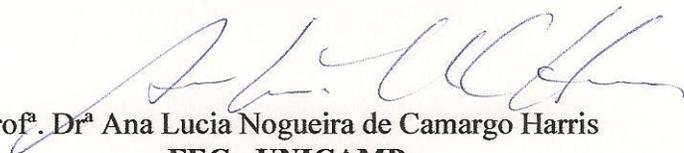
**DESEMPENHO ACÚSTICO DE DIFERENTES TIPOLOGIAS DE**  
**PEITORIS VENTILADOS**

Maria Lúcia Gondim da Rosa Oiticica

Tese de doutorado aprovada pela banca examinadora, constituída por:



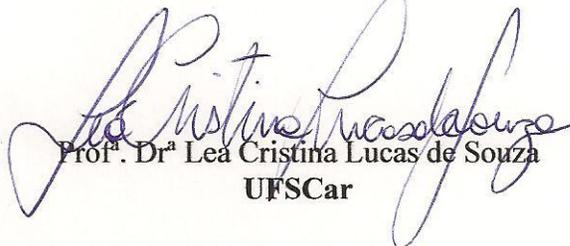
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Stelamaris Rolla Bertoli  
**Presidente e orientadora / FEC - UNICAMP**



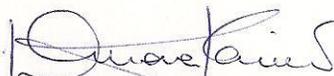
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Ana Lucia Nogueira de Camargo Harris  
**FEC - UNICAMP**



Prof. Dr. Evandro Ziggiani Monteiro  
**FEC - UNICAMP**



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Lea Cristina Lucas de Souza  
**UFSCar**



Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup> Dinara Xavier da Paixão  
**UFSM**

Campinas, 05 de julho de 2010

## AGRADECIMENTOS

“Obrigada Senhor por estar sempre presente na minha vida, proporcionando oportunidades maravilhosas para realizar sonhos;

Obrigada Senhor por eu ter encontrado pessoas que estenderam a mão amiga;

Obrigada Senhor por ter-me dado forças para suportar as dificuldades, dando-me sabedoria para assimilar os conhecimentos oriundos dos mestres e amigos;

Obrigada Senhor por ter me dado o discernimento, entendendo que nada disto na minha vida valeria a pena, se não eu não sentisse, bem dentro da minha alma, a Sua presença através do Seu Amor.”

Portanto, mais uma vez, Obrigada Senhor, e, por meio da sua imensa bondade gostaria de agradecer também, a todos aqueles que de alguma forma, passaram na minha vida.

A minha orientadora, Prof<sup>a</sup>, Dra. Stelamaris Bertoli, que soube brilhantemente orientar-me com paciência, compreensão e sabedoria, demonstrando com nobreza como deve ser um professor dedicado, e onde após quatro anos de estudos deixo saudosamente uma grande amiga.

A minha linda família, meus filhos Martina, Leopoldo e Maria Paula e ao meu marido Paulo, que compreenderam a minha ausência em algumas tarefas da casa, como mãe e esposa, entendendo a importância da realização deste sonho, convictos de que nada abalaria o amor que sinto por eles, por eles serem a razão da minha vida.

Ao meu saudoso pai, Jarbas Oiticica que não presenciou o término desta minha caminhada, ele, que tanto incentivo me deu para galgar esta pirâmide, com muito orgulho, mostrando que devemos sempre buscar e lutar pelos nossos sonhos.

A minha mãe Geny que no seu jeitinho especial de ser, administrava algumas tarefas para me dar oportunidade de dedicar-me mais aos estudos.

Ao Prof. Dr. Leonardo Bittencourt, que no momento das indecisões, sobre a temática deste doutorado, repassou suas curiosidades, a qual, hoje eu finalizo, certa de que seus conselhos foram muito produtivos.

Ao Obadias Pereira e Daniel Clemente, que sempre estavam disponíveis para desenrolarem os meus protótipos, ajudando nas medições, sempre com dedicação e presteza.

Aos colegas de Campinas, Éder, Juliana Costa, Christian dos Santos e Fátima Ferreira Neto que nas minhas idas e vindas sempre compartilharam as minhas dúvidas e hoje mesmo distante posso dizer que encontrei bons amigos.

Aos colegas arquitetos Valéria Teles, Larisse Almeida, Emanuela Lamenha e Vivaldo Chagas, que me ajudaram compartilhando seus conhecimentos para que eu pudesse superar as minhas dificuldades e ausências.

A Prof<sup>a</sup> Dra Lucila Laback que gentilmente permitiu que eu utilizasse os protótipos, viabilizando assim esta pesquisa.

A Paula, secretária da pós-graduação que sempre me atendeu com simpatia e atenção aos meus questionamentos.

A Capes pela bolsa de fomento em forma de doutorado.

A Universidade Federal de Alagoas por permitir o meu afastamento e a equipe da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, em especial a Gianna Barbirato por estar sempre pronta a responder e transmitir palavras amigas.

Aos colaboradores, nos nomes do Sr. Aparecido - Grupotelhas e Sr. Fernando, da Surfaces - Viroc, pelo apoio em ceder gentilmente os materiais, para serem utilizados na elaboração dos peitoris ventilados.

*“Comece fazendo o que é necessário, depois  
o que possível e de repente você estará  
fazendo o impossível”.*

São Francisco de Assis

## RESUMO

OITICICA, Maria Lucia Gondim da Rosa. **Desempenho acústico de diversas tipologias de peitoris ventilados**. Campinas, 2010. 240 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

Com a crise energética na década de 60, varias discussões foram levantadas com o propósito de estimular as edificações a estarem inseridas em um contexto sustentável. As edificações, por serem grandes consumidoras dos recursos naturais, buscam ser mais eficientes energeticamente que outras quando estas proporcionam as mesmas condições ambientais com menor consumo energético. Para tal, a bioclimatologia que relaciona o estudo do clima aplicado à arquitetura, quando focada nas decisões arquitetônicas, torna-se uma excelente ferramenta para se obter valores de consumo energéticos mais baixos. Nas regiões de clima quente úmido, a utilização do peitoril ventilado como estratégia de projeto bioclimático, é uma ferramenta de projeto muito bem aplicada dentro deste conceito. O peitoril ventilado é um dispositivo geralmente executado em concreto, em formato geralmente em “L” invertido, sobreposto a uma abertura localizada no peitoril abaixo das janelas, que tem por finalidade atuar como fonte complementar do movimento de ar proporcionado pelas aberturas. A presença deste elemento nas aberturas das edificações pode proporcionar uma redução do consumo de energia, uma vez que estimula a climatização natural, mas ao mesmo tempo permite a passagem de ruído para o interior das edificações. Este trabalho tem o objetivo de investigar o desempenho acústico de diversos protótipos de peitoril ventilado, utilizados em fachadas como estratégia passiva de projeto bioclimático. Como método de avaliação acústica foi medido o grau de isolamento acústico dos peitoris ventilados através da diferença de nível sonoro padronizado mantendo-se fixa a área de abertura e variando as características construtivas do elemento de fachada investigado. Diante dos diversos materiais construtivos utilizados nos protótipos foi possível verificar significativas alterações na atenuação acústica dos diferentes modelos investigados. Com isto, registra-se que a utilização de uma estratégia passiva de projeto bem aplicada poderá propiciar em melhora nas condições acústica no interior das edificações, estimulando assim a utilização da climatização natural e consequentemente contribuindo para um menor consumo energético.

**Palavras-chave:** isolamento sonoro, eficiência energética, peitoril ventilado, desempenho acústico, climatização natural e projeto bioclimático.

## ABSTRACT

OITICICA, Maria Lucia Gondim da Rosa. **Acoustic performance of various types of windows ventilated sills.** Campinas, 2010. 240 f. Thesis (PhD in Civil Engineering) – School of Civil Engineering, Architecture and Planning, State University of Campinas, São Paulo, Brazil.

With the energy crisis in the 60s, several discussions have been raised with the intention of stimulating the buildings to be included in a sustainable context. The buildings, being large consumers of natural resources, seek to be more energy efficient than others when they provide the same environmental conditions with lower energy consumption. To this end, the bioclimatology that connects the study of climate applied to architecture, when focused on architectural decisions, it is an excellent tool to obtain values of lower energy consumption. In regions of warm humid climate, the use of ventilated window sill as bioclimatic design strategy is a very well implemented project tool in this concept. The ventilated window sill is a device generally in “L” inverted, made on concrete, overlaid with a sill opening located below the window, mainly act as a supplementary movement of air source provided by openings. The presence of this element in the openings of buildings can provide a reduction in energy consumption since it stimulates the natural climatization, but at the same time allows the passage of noise to the interior of buildings. This work aims to investigate the sound insulation of a wall containing different prototypes of ventilated windows sill commonly used in walls as a passive bioclimatic design. The presence of this element in the openings of buildings can provide a reduction in energy consumption since it stimulates the natural air conditioning, but at the same time allows the passage of noise to the interior of buildings. This work aims to investigate the sound insulation of a wall containing different prototypes of ventilated windows sill commonly used in walls as a passive bioclimatic design. As methodology, different settings of *ventilated window sill* were inserted in façade of flat opening building but made of different materials. The sound insulation performance of each element used in a façade were compared and analyzed. In preliminary results it was possible to verify changes in acoustic attenuation of different types of ventilated windows sill investigated. That is, records that the use of a passive strategy and implemented the project could offer in improving thermal and acoustic conditions inside the buildings with lower energy consumption.

**Keywords:** sound insulation, energy efficiency, window ventilated sill, acoustic performance, and natural climatization and bioclimatic design.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>xix</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS .....</b>	<b>xxii</b>
<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 APRESENTAÇÃO .....	1
1.2 OBJETIVOS .....	5
1.2.1 Objetivo Geral .....	5
1.2.2.... Objetivos Específicos .....	6
1.3 HIPÓTESE FORMULADA .....	6
1.4 ESTRUTURA DA TESE.....	6
<b>CAPÍTULO 2 - PEITORIL VENTILADO E ESTRATÉGIAS PASSIVAS DO PROJETO ARQUITETÔNICO.....</b>	<b>9</b>
2.1 PEITORIL VENTILADO .....	9
2.2 ESTRATÉGIAS PASSIVAS DE PROJETO: VENTILAÇÃO E RUÍDO .....	15
2.3 CONSIDERAÇÕES DE NORMAS DE DESEMPENHO: COMPATIBILIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES TÉRMICAS, ENERGÉTICAS E ACÚSTICAS .....	26
2.4 ADEQUAÇÃO DA ARQUITETURA AO CLIMA: OUTROS ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS .....	28
2.5 CUSTOS DAS DECISÕES ACÚSTICAS .....	34
<b>CAPÍTULO 3 - ISOLAMENTO SONORO.....</b>	<b>49</b>
3.1 LAMENTO SONORO AÉREO.....	51
3.1.1 Influência da absorção sonora no isolamento .....	55
3.2 ICE DE REDUÇÃO SONORA (R) .....	59
3.2.1.... Parede simples .....	60
3.2.2 Parede dupla ou tripla .....	63
3.2.3 Paredes compostas .....	64
<b>CAPÍTULO 4 - CONTROLE DO RUÍDO DE ELEMENTOS DE FACHADAS ....</b>	<b>67</b>

<b>CAPITULO 5 - MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>99</b>
5.1 LOCAL DO EXPERIMENTO .....	99
5.2 OBJETO DE ESTUDO: “O PEITORIL VENTILADO” .....	101
5.2.1 Definição do tamanho da abertura na parede estrutural .....	101
5.2.2 Implantação do objeto de estudo na parede estrutural .....	103
5.2.3 Variantes do peitoril ventilado .....	103
5.2.4 Outros sistemas construtivos de coontrol de fachada.....	115
5.3 NORMAS .....	116
5.3.1 ISO 140-5(1998) .....	119
5.3.2 ISO 717-1(1996) .....	122
5.4 MEDIÇÕES .....	125
5.4.1 Equipamentos utilizados .....	125
5.4.2 Procedimentos de medições .....	125
5.4.3 Etapas de medições .....	128
5.4.3.1 Fase experimental.....	129
5.4.3.2 Fase aplicativa .....	134
<b>CAPÍTULO 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>143</b>
6.1 DESEMPENHO ACÚSTICO DO PEITORIL VENTILADO.....	143
6.1.1 Fase experimental .....	144
6.1.1.1 Primeira etapa: “Investigação” - Avaliação da atenuação acústica .....	144
6.1.1.2 Segunda etapa: “Melhoramento” - Melhora do desempenho acústico .....	147
6.1.2 Fase aplicativa .....	150
6.1.2.1 Primeira etapa: “Comparação” .....	153
6.1.2.2 Segunda etapa: “Investigação” .....	156
6.1.2.3 Terceira etapa: “Melhoramento” .....	159
6.2 COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO ACÚSTICO ENTRE AS TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS .....	162
6.2.1 Elementos compostos com material refletor: isolamento sonoro de parede simples .....	162
6.2.1.1 Comparação de desempenho acústico entre tipologias similares: peitoril de granito e peitoril de concreto .....	163
6.2.1.2 Comparação de desempenho acústico entre tipologias similares: peitoril de granito e peitoril de concreto com .....	165

	presença da placa absorvedora na parede da edificação.....	
6.2.2	Elementos compostos com material refletor-absorvedor-refletor: isolamento sonoro de parede composta .....	167
6.2.2.1	Comparação de desempenho acústico entre tipologias similares: peitoril de telha termo-acústica, peitoril de placa cimentícia e peitoril de placa viroc .....	167
6.2.2.2	Comparação de desempenho acústico entre tipologias similares: peitoril de telha termo-acústica, peitoril de placa cimentícia e peitoril de placa viroc com presença da placa absorvedora na parede da edificação .....	170
6.2.3	Elementos compostos com material refletor-absorvedor-perfurado: isolamento sonoro de parede composta com superfície interna do peitoril ventilado perfurada.....	173
6.2.3.1	Comparação de desempenho acústico entre tipologias similares: peitoril de chapa metálica, peitoril de madeira e peitoril de pvc .....	173
6.2.3.2	Comparação de desempenho acústico entre tipologias similares: peitoril de chapa metálica, peitoril de madeira e peitoril de pvc com presença da placa absorvedora na parede da edificação .....	176
6.2.4	Elementos compostos com material refletor-absorvedor-refletor: Isolamento de parede composta dentro de um conceito sustentável .....	178
6.2.4.1	A presença da sustentabilidade para comparação do desempenho acústico entre tipologias: peitoril de placa cimentícia e peitoril de placa viroc .....	178
6.2.4.2	Comparação de desempenho acústico entre tipologias similares: peitoril de placa viroc, com presença da placa absorvedora na parede da edificação composta de diferentes materiais - lã de rocha e fibra de coco .....	181
6.3	Análise geral dos resultados .....	183
6.4	Melhores desempenhos acústicos de cada grupo: Análise comparativa entre os diversos sistemas construtivos de peitoris ventilados .....	191
6.5	Estimativa de custos dos protótipos investigados .....	194
6.6	Avaliação comparativa entre desempenho sonoro de várias pesquisas existentes com o peitoril ventilado e a norma de desempenho NBR 15575- 4:2008 .....	196
<b>CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES.....</b>		<b>199</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>205</b>

<b>BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....</b>	<b>215</b>
<b>ANEXO A – DIFERENÇA PADRONIZADA DE NÍVEL (D<sub>2M,N</sub>T) DAS TIPOLOGIAS APLICADAS NA FASE APLICATIVA, ETAPA “COMPARAÇÃO” .....</b>	<b>229</b>
<b>ANEXO B – DIFERENÇA PADRONIZADA DE NÍVEL (D<sub>2M,N</sub>T) DAS TIPOLOGIAS APLICADAS NA FASE APLICATIVA, ETAPA “INVESTIGAÇÃO” .....</b>	<b>233</b>
<b>ANEXO C – DIFERENÇA PADRONIZADA DE NÍVEL (D<sub>2M,N</sub>T) DAS TIPOLOGIAS APLICADAS NA FASE APLICATIVA, ETAPA “MELHORAMENTO” .....</b>	<b>237</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>Pg</b>
2.1 O peitoril ventilado.....	10
2.2 Formas de peitoril ventilado .....	11
2.3 Edifício Acaiaca (1957). Arquitetos Delfim Amorim e Lúcio Estelita, Recife, 1957. Fonte: (MOREIRA, 2007). .....	11
2.4 Edifício Mirage (1967), de Acácio Gil Borsoi: uma resposta à demanda da mudança da casa para o apartamento. Fonte: ARCOweb.....	11
2.5 Residência Emir Glasner (1972), Recife. Arquiteto Vital M. T. Pessoa de Melo. Fonte: Foto de Aurelina Moura. Arquitextos... ..	12
2.6 Residência (1964) – Maceió-AL. Fonte Maria Lúcia Oiticica .....	12
2.7 Peitoril ventilado. Década de 50. Fonte: Acervo Leonardo Bittencout.....	12
2.8 Laboratório Ufal. Fonte: Acervo Leonardo Bittencourt. . .....	12
2.9 Edifício Donina Carneiro. Maceió-AL. Antes reforma. Fonte Maria Lucia Oiticica, 2008. ....	12
2.10 Edifício Donina Carneiro. Após reforma em 2009. Maceió-AL. Fonte: Maria Lúcia Oiticica, 2010.....	12
2.11 Laboratório UFAL. Arqto. Leonardo Bittencourt. Fonte:Leonardo Bittencourt .....	13
2.12 Edifício Mirage (1967), de Acácio Gil Borsoi. Fonte: <a href="http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq012/arq012_03.asp">http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq012/arq012_03.asp</a> .....	12
2.13 Edifício residencial (1973), Recife. Arqto. Vital Melo. Fonte: Disponível em: 20/10/2008 <a href="http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq012/arq012_03.asp">http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq012/arq012_03.asp</a> .....	13
2.14 Corte do projeto de uma residência em Maceió utilizando peitoril ventilado: Arquiteto Reginaldo Luiz Esteves - Crea-PE, datado de jan/1964.....	14
2.15 Corte original do projeto de uma residência em Maceió utilizando peitoril ventilado: Arquiteto Reginaldo Luiz Esteves - Crea-PE, datado de jan/1964.....	14
2.16 Zoneamento Bioclimático Brasileiro apresentado na NBR.15.220 - Parte 3.Fonte: (NBR 15.220, 2005). .....	21
2.17 Esquema dos brise-soleil móveis do Ministério da Educação, Lúcio Costa e equipe, 1936-42. Fonte: <i>Brasil Builds</i> , de Philip Goodwin, 1943. Acesso em 05/02/2009, (PORTAL VITRUVIUS, ARQUITEXTOS-072, maio 2006, <a href="http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_02.asp">http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_02.asp</a> ).....	29
2.18 Le Corbusier, Edifícios para alugar em Argel, Projeto Ponsik, 1933. Fonte: acesso em 05/02/2009, (PORTAL VITRUVIUS, ARQUITEXTOS-062, julho 2005, <a href="http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp318.asp">http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp318.asp</a> ) .....	29
2.19 Brise-soleil do Instituto Vital Brasil em Niterói, Álvaro Vital Brazil e Ademar Marinho, 1942. Fonte: <i>Brasil Builds</i> , de Philip Goodwin, 1943. Acesso em 05/02/2009, (PORTAL VITRUVIUS, ARQUITEXTOS-072, maio 2006, <a href="http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_02.asp">http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_02.asp</a> .....	30

2.20	Brise-soleil do Instituto Vital Brasil em Niterói, Álvaro Vital Brazil e Ademar Marinho, 1942. Fonte: <i>Brasil Builds</i> , de Philip Goodwin, 1943. Acesso em 05/02/2009, (PORTAL VITRUVIUS, ARQUITEXTOS-072, maio 2006, <a href="http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_02.asp">http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_02.asp</a> ).....	30
2.21	Brise-soleil do Grande Hotel de Ouro Preto, Oscar Niemeyer, 1940. Fonte: <i>Brasil Builds</i> , de Philip Goodwin, 1943. Acesso em 05/02/2009, (PORTAL VITRUVIUS, ARQUITEXTOS-072, maio 2006, <a href="http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_02.asp">http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_02.asp</a> )..	30
2.22	Brise-soleil da Associação Brasileira de Imprensa, Irmãos Roberto, 1936. Fonte: <i>Brasil Builds</i> , de Philip Goodwin, 1943. Acesso em 05/02/2009, (PORTAL VITRUVIUS, ARQUITEXTOS-072, maio 2006, <a href="http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_02.asp">http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_02.asp</a> ).....	30
2.23	Exemplos de combogos existente ainda hoje no mercado. Fonte: <a href="http://www.imprelaje.com.br/?area=combogo">http://www.imprelaje.com.br/?area=combogo</a> .....	31
2.24	Castelo D'água dos arquitetos Luiz Nunes e Fernando Saturnino de Brito. 1937, Olinda- PE, 1937. Fonte: (MINDLIM 1999).....	32
2.25	Exemplo de aplicação de cobogó. Vista interna. Fonte: <a href="http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=509007">http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=509007</a> .....	33
2.26	Exemplo de aplicação de cobogó. Varandas. Fonte: <a href="http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=509007">http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=509007</a> .....	33
2.27	Exemplo de aplicação de cobogó. Fachadas. Fonte: <a href="http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp018.asp">http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp018.asp</a> .....	33
2.28	Exemplo de aplicação de cobogó. Fachadas. Fonte: <a href="http://flickr.com/photos/a_leste/2664657319/">http://flickr.com/photos/a_leste/2664657319/</a> .....	33
2.29	Exemplo de aplicação de cobogó. Pátios Internos. Fonte: <a href="http://www.arq.ufsc.br/~labcon/arq5661/Aberturas3/janelas6.html">http://www.arq.ufsc.br/~labcon/arq5661/Aberturas3/janelas6.html</a> .....	34
2.30	Exemplo de aplicação de cobogó. Corredores. Fonte: <a href="http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=509007">http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=509007</a> .....	34
2.31	Variação de espessura das paredes de vedação, ao longo dos séculos, da arquitetura brasileira. Fonte: (DUARTE, 2005). .....	43
2.32	Densidade superficial dos processos construtivos das paredes mais comuns de vedação, ao longo dos séculos, da arquitetura brasileira. Fonte: (DUARTE, 2005). .....	43
2.33	Evolução do consumo de energia elétrica por habitante em alguns países. (U. S. Census Bureau; EIA-Energy Information Administration, Official Energy Statistics from the U.S. Government). Fonte: (LAMBERTS e TRIANA, 2005) . .....	44
2.34	Composição setorial do consumo de eletricidade em Brasil 2004. Fonte: (LAMBERTS e TRIANA, 2005).. .....	45
2.35	Consumo de energia no setor residencial por fonte( Brasil. Bem, 2005). Fonte: (LAMBERTS e TRIANA, 2005). .....	46
3.1	Mecanismos de atenuação sonora ao ar livre.Fonte: (BISTAFA, 2006). .....	49
3.2	Esquema dos pontos de medição para o parâmetro Diferença de Nível de Pressão Sonora.....	54
3.3	Índice de Redução Sonora (R) ou Diferença de nível (D) em relação a tipo de diferentes de ambiente: Reverberante ou Absorvente. Fonte: EGAN, M.(1998).....	59
3.4	Teoria da Lei da Massa e a espessura de um painel. Fonte: (MEHTA, 1999). .....	61

<b>3.5</b>	Curva típica de R para parede simples. Fonte: (GERGES,1992). .....	62
<b>3.6</b>	Índice de Redução Sonora de paredes com aberturas. Fonte: (GERGES, 1992). .....	65
<b>4.1</b>	Contornos do nível de ruído em diferentes alturas acima da rua em função da largura das ruas. Fonte: URBVENT (2005).....	69
<b>4.2</b>	Dimensões e formas dos módulos utilizados como barreira: thnadner e splitter. Fonte: (HAMMAD e GIBBS, 1983) .....	71
<b>4.3</b>	Variáveis e layout experimental. 1(a) Varanda fechada; 1(b) varanda fechada e parede fina sólida; 1(c) varanda fechada com painel splitter e 1(d) varanda fechada com painel thnadner .....	72
<b>4.4</b>	Primeiro protótipo do atenuador desenvolvido por Field. Fonte: Field(2004) .....	76
<b>4.5</b>	Último protótipo do atenuador desenvolvido por Field. Fonte: Field(2004).....	77
<b>4.6</b>	Diversas fachadas investigadas com vidro duplo ventilado. Fonte: Blasco, Crispin e Ingelaere (2004).....	78
<b>4.7</b>	Persianas em rolo utilizadas como proteção da iluminação nos edifícios. Situações metade fechada e totalmente fechada. Fonte: Patrício e Bragança (2003) .....	79
<b>4.8</b>	Diferentes protótipos de janelas com ventilação e alto isolamento acústico, duas com molduras em alumínio (“a” e “d”) e duas com molduras de PVC (“b” e “c”). Fonte: Asdruball, Burati e Bardinelli (2004) .....	80
<b>4.9</b>	Janela híbrida do “Programa Teria”. Fonte: acesso eletrônico, <a href="http://www.teria.itc.cnr.it/AllestimentiSperimentali.htm">http://www.teria.itc.cnr.it/AllestimentiSperimentali.htm</a> acesso em 08/04/2010.....	81
<b>4.10</b>	Janela híbrida do “Programa Teria”. Fonte: acesso eletrônico, <a href="http://www.cstb.fr/actualites/webzine/thematiques/acoustique/projet-teria-pour-concilier-confort-thermique-et-acoustique.html">http://www.cstb.fr/actualites/webzine/thematiques/acoustique/projet-teria-pour-concilier-confort-thermique-et-acoustique.html</a> em 08/04/2010 em 08/04/2010 .....	81
<b>4.11</b>	Desempenho de isolamento da janela investigada “Projeto Teria” medidas no local, em condições reais, orifícios abertos. O índice médio quando das passagens de aviões é de 33dB(A) com controladores de ruído (curva azul) e de 25dB(A) sem controladores de ruído (curva vermelha). Fonte: acesso eletrônico, < <a href="http://www.cstb.fr/actualites/webzine/thematiques/acoustique/projet-teria-pour-concilier-confort-thermique-et-acoustique.html">http://www.cstb.fr/actualites/webzine/thematiques/acoustique/projet-teria-pour-concilier-confort-thermique-et-acoustique.html</a> >. Disponível em: 08 de abril de 2010.....	81
<b>4.12</b>	Planta baixa das edificações com “open screens”. Fonte: Hardlooper (2009) .....	82
<b>4.13</b>	Ilustração da maquete em escala reduzida.Fonte: Hardlooper (2009).....	83
<b>4.14</b>	Resultados das configurações dos modelos reduzidos para os painéis abertos investigados. Fonte: Hardlooper (2009) .....	83
<b>4.15</b>	Container utilizado na investigação. Fonte: Hardlooper (2009).....	84
<b>4.16</b>	Desenho esquemático das dimensões do bloco caixa grande (tipo 2) e pequeno (tipo1). Fonte: Araújo e Bistafa (2009). .....	87
<b>4.17</b>	Desenho do elemento vazado caixa tipo 3.Fonte: Araújo (2010) .....	87
<b>4.18</b>	Desenho do elemento vazado: tipo 4 - caixa grande. Fonte: Araújo (2010).....	87
<b>4.19</b>	(a) Parede de teste montado com bloco tipo 2 e (b) Detalhe de separação bloco tipo 2 (sem lâ de vidro) na parede de teste. Fonte: Araújo (2010).....	88
<b>4.20</b>	(a) Parede de teste montado com bloco tipo 1 e (b) Detalhe de separação bloco tipo 1 (com lâ de vidro) na parede de teste. Fonte: Araújo (2010) .....	88

<b>4.21</b>	Espectro sonoro em bandas de 1/3-oitava da Redução de Ruído Padrão (Dnt) de todos os blocos estudados, com respectivo Índice de Redução de Ruído Padrão Global (Dntw). Fonte: Araújo (2010).....	90
<b>4.22</b>	Produto “Silenceair” denominado “acoustics vent”. (a)foto, (b) vista externa e (c) vista interna.Fonte: <a href="http://www.silenceair.com/site/silenceair-products.html#">http://www.silenceair.com/site/silenceair-products.html#</a> > Disponível em 08 de abril de 2010. ....	91
<b>4.23</b>	Produto “Silenceair” denominado acoustics vent. Fonte: <a href="http://www.silenceair.com/site/silenceair-products.html#">http://www.silenceair.com/site/silenceair-products.html#</a> > Disponível em 08 de abril de 2010. ....	91
<b>4.24</b>	Gráfico do Índice de Redução Sonora (Rw) do produto silenceair. Fonte: < <a href="http://www.silenceair.com/site/professional.html">http://www.silenceair.com/site/professional.html</a> > Disponível em 04 de abril de 2010. ....	91
<b>4.25</b>	Exemplos (A, B , C e D) de utilização dos produtos da “Passivent”, em áreas residenciais e comerciais, para diminuição do ruído e beneficiar a ventilação natural. Fonte: Catálogos Aircool Ventilator-Passivent <a href="http://www.assivent.com">www.assivent.com</a> Disponível em 08 de abril de 2010. ....	92
<b>4.26</b>	Desenho do “Aircool acoustic wall ventilator with hood” da Passivent. Dimensões de 787 x 315 x 265mm e Dn,e,w de 30 dB quando encontra-se aberta. Fonte: Fonte: Catálogos Aircool Ventilator-Passivent <a href="http://www.assivent.com">www.assivent.com</a> Disponível em 08 de abril de 2010. ....	93
<b>4.27</b>	Desenho do “Aircool acoustic wall ventilator with single acoustic chevrons” da Passivent. Dimensões de 797 x 315 x 330mm, com brises externos e brises acústicos internos. Dn,e,w de 24 dB quando encontra-se aberta. Fonte: Fonte: Catálogos Aircool Ventilator-Passivent <a href="http://www.assivent.com">www.assivent.com</a> Disponível em 08 de abril de 2010. ....	93
<b>4.28</b>	Desenho do “Aircool acoustic wall ventilator with double acoustic chevrons” da Passivent. Dimensões de 797 x 315 x 330mm, com brises externos e duplos brises acústicos internamente. Dn,e,w de 26 dB quando encontra-se aberta. Fonte: Fonte: Catálogos Aircool Ventilator-Passivent <a href="http://www.assivent.com">www.assivent.com</a> Disponível em 08 de abril de 2010. ....	94
<b>4.29</b>	Tipo 1: Peças acopladas em janelas do fabricante “Renson”. Utilizados para aeração com controle de ruído. Fonte: <a href="http://www.renson.be">www.renson.be</a> .....	95
<b>4.30</b>	Tipo 2: Peças acopladas em janelas do fabricante “Renson”. Utilizados para aeração com controle de ruído. Fonte: <a href="http://www.renson.be">www.renson.be</a> .....	95
<b>4.31</b>	Tipologia : Renson 445/86 brises acústicos (grelhas) do fabricante “Renson”. Utilizados para agregar valores estéticos com redução de ruídos. Atenuação acústica com Rw de 6dB quando estão abertos. Fonte: <a href="http://www.renson.be">www.renson.be</a> .....	95
<b>4.32</b>	Tipologia : Renson 446/150 brises de paredes do fabricante “Renson”. Utilizados para agregar valores estéticos com redução de ruídos. Atenuação acústica com Rw de 11dB quando estão abertos. Fonte: <a href="http://www.renson.be">www.renson.be</a> .....	96
<b>4.33</b>	Tipologia : Renson 445/300 brises de paredes do fabricante “Renson”. Utilizados para agregar valores estéticos com redução de ruídos. Atenuação acústica de 16dB quando estão abertos. Fonte: <a href="http://www.renson.be">www.renson.be</a> .....	96
<b>4.34</b>	Tipologia : Renson L.060AC Acoustic Linius do fabricante “Renson” utilizados para agregar valores estéticos com redução de ruídos. Atenuação acústica com Rw de 6dB quando estão abertos. Fonte: <a href="http://www.renson.be">www.renson.be</a> .....	96
<b>5.1</b>	Área de estudo: UNICAMP-SP, Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura. Local	100

	do experimento: Protótipos do Laboratório de Conforto Ambiental .....	
<b>5.2</b>	Protótipo para medições: planta baixa e corte com a implantação da abertura.. Vista “A” e “B” do protótipo anteriormente as investigações, protótipo fechado, e a posterior, vista “C” e “D” protótipo com implantação da abertura. ....	102
<b>5.3</b>	Implantação do peitoril ventilado na parede estrutural do protótipo de medições .....	103
<b>5.4</b>	Composição plástica da forma do peitoril ventilado para definição das suas dimensões: Espaçamento(e), Altura(a) e Largura(l) .....	104
<b>5.5</b>	Peitoril denominado mais longo e mais curto (altura e largura) .....	106
<b>5.6</b>	Desenho do peitoril ventilado ortogonal definido para a “fase aplicativa”.. .....	107
<b>5.7</b>	Placa metálica perfurada utilizada na parede da cavidade da fachada do peitoril ventilado.. .....	114
<b>5.8</b>	Geometria do método do alto-falante.Fonte: (ISO 140-5-1998) .....	120
<b>5.9</b>	Sistema Buiding Acoustic da B&K. Fonte: <a href="http://www.bksv.com/doc/bp1691.pdf">www.bksv.com/doc/bp1691.pdf</a> .....	125
<b>5.10</b>	Planta baixa e corte do protótipo com a localização das posições do microfone, da fonte sonora. As fotos mostram detalhes da medição interna e a localização da fonte externa. ....	127
<b>6.1</b>	Resultados gráficos da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) investigados, em função da frequência, referentes aos protótipos avaliados na primeira etapa da FASE EXPERIMENTAL.....	146
<b>6.2</b>	Resultados do gráfico da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) investigados, em função da frequência, referente aos protótipos avaliados na segunda etapa da FASE EXPERIMENTAL.....	149
<b>6.3</b>	Gráfico apresentando os resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) em dB das situações investigadas da Etapa “Comparação”– FASE APLICATIVA	155
<b>6.4</b>	Gráfico apresentando os resultados da Diferença de Nível Padronizada (D2m,nt) das situações da FASE APLICATIVA - Etapa “Investigação” .....	158
<b>6.5</b>	Gráfico apresentando os resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) das diferentes tipologias da FASE APLICATIVA - Etapa “Melhoramento” .....	161
<b>6.6</b>	Resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) das tipologias compostas de paredes simples refletoras(granito e concreto) comparadas com fachada fechada e com fachada com abertura similar à do peitoril ventilado.....	165
<b>6.7</b>	Resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) das tipologias composta de parede simples refletoras(granito e concreto) e a presença da placa absorvedora na parede da edificação....	166
<b>6.8</b>	Resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) das tipologias de paredes compostas investigadas (refletora/absorvedora/refletora) entre as tipologias de telha termo-acústica, placa cimentícia e placa viroc .....	170
<b>6.9</b>	Resultados da Diferença Padronizado de Nível (D2m,nT) das tipologias de paredes compostas (refletora/absorvedora/refletora). As tipologias de telha termo-acústica, placa cimentícia e placa viroc com a presença da placa absorvedora na parede da edificação.....	172
<b>6.10</b>	Resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) das tipologias de paredes compostas (refletora/absorvedora/perfurada) entre as tipologias da chapa metálica, madeira e pvc.....	176

<b>6.11</b>	Resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) das tipologias de paredes compostas (refletora/absorvedora/perfurada). As tipologias da chapa metálica, madeira, PVC com e sem a presença da placa absorvedora na parede da edificação.....	177
<b>6.12</b>	Resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) das tipologias de paredes compostas (refletora/absorvedora/refletora). As tipologias da placa cimentícia e placa viroc e o caráter sustentável.....	180
<b>6.13</b>	Resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) das tipologias de paredes compostas (refletora/absorvedora/refletora) um conceito mais sustentável. As tipologias da Placa Viroc com duas alternativas de placa absorvedora na parede da edificação. (M08) Placa absorvedora em lã de rocha e (C06) placa absorvedora em fibra de coco..	183
<b>6.14</b>	Diferença Padronizada de Nível Ponderada em dB das tipologias do grupo comparativo das paredes fechadas e abertas.....	186
<b>6.15</b>	Diferença Padronizada de Nível Ponderada em dB das tipologias do grupo comparativo das paredes simples (grupo 2).....	187
<b>6.16</b>	Diferença Padronizada de Nível Ponderada em dB das tipologias do grupo comparativo das paredes compostas (refletor/absorvedor/elemento perfurado ou vazado).....	188
<b>6.17</b>	Diferença Padronizada de Nível Ponderada em dB das tipologias do grupo comparativo das paredes compostas (refletor/absorvedor/refletor) e conceitos sustentáveis.....	190
<b>6.18</b>	Diferença Padronizada de Nível Ponderada em dB das tipologias do grupo comparativo das paredes compostas (refletor/absorvedor/refletor) e conceitos sustentáveis na placa absorvedora na parede da edificação.....	191
<b>6.19</b>	Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) e Diferença Padronizada de Nível Ponderada (D2m,nTw') das tipologias investigadas – Quadro de grupos comparativos dos melhores desempenhos das pesquisas sem tratamento na parede da edificação .....	193
<b>6.20</b>	Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) e Diferença Padronizada de Nível Ponderada (D2m,nTw') das tipologias investigadas – Quadro de grupos comparativos dos melhores desempenhos das pesquisas com tratamento na parede da edificação (colocação de placa absorvedora).....	194
<b>6.21</b>	Diferença Padronizada de Nível Ponderada em dB de diversas pesquisas existentes com elementos de fachada com aberturas.....	197

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA</b>	<b>Pg</b>
2.1	Recomendações para as decisões quanto ao projeto arquitetônico relativo às edificações. Fonte: (FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R., 1995) ..... 17
2.2	Carta e análise bioclimática de três cidades brasileiras. Fonte: (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2004). ..... 19
2.3	Recomendações para as zonas bioclimáticas brasileiras como definido pela Norma de Desempenho Térmico NBR 15220-Parte 3. Fonte: LAMBERTS, R; TRIANA, M. A..... 22
2.4	Síntese de critérios de eficiência energética presentes nas principais metodologias de avaliação ambiental de edificações aplicáveis ao setor residencial (LAMBERTS, TRIANA, 2005). Fonte: (TRIANA e LAMBERTS, 2007). ..... 24
2.5	Categoria: Energia. Subcategoria: Desempenho térmico e diretrizes bioclimáticas. Fonte: (TRIANA e LAMBERTS, 2007) ..... 26
2.6	O procedimento de apreciação “ <i>pontos por mérito</i> ”.Fonte: (FORTE, 2007) ..... 40
2.7	Impacto do ruído no mercado imobiliário italiano.Fonte: Fabiana Forte (2007)..... 41
2.8	Diferença no uso do ar-condicionado final no consumo total residencial de eletricidade por região (%). Fonte: (ALMEIDA ET AL., 2001). ..... 47
3.1	Controle e estratégias do ruído nas edificações. .... 50
3.2	Nomenclaturas dos principais termos utilizados em isolamento sonoro aéreo, as normas internacionais relacionadas, as principais referências que as utilizam e a definição dos termos. (*) Terminologias utilizadas no desenrolar do trabalho. Fonte: (DUARTE, 2005). ..... 53
3.3	O efeito da diferença no coeficiente entre dois materiais em certa frequência. Fonte: (EGAN, 1988). ..... 55
3.4	Classificação dos materiais absorvedores. Fonte: (EGAN, 1988). ..... 56
3.5	Tabela esquemática com sistemas construtivos distintos e as características acústicas. .... 58
3.6	Redução do Índice de Redução Sonora da parede feito por uma abertura.Fonte: MEHTA, M. (1999). ..... 66
4.1	Valores recomendados da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa, D <sub>2m,nT,w</sub> para ensaios em campo. .... 70
4.2	Configuração dos modelos reduzidos para os painéis abertos investigados.Fonte: Hardlooper (2009) ..... 83
4.3	Resultados das medições na investigação com o container.Fonte: Hardlooper (2009). ..... 85
4.4	Resumo das características dos blocos desenvolvidos e avaliados, com respectivo desempenho global de isolamento sonoro. Fonte: Araújo (2010).. ..... 89

<b>5.1</b>	Composição construtiva dos peitoris ventilados estabelecidos na primeira etapa das medições: FASE EXPERIMENTAL.....	108
<b>5.2</b>	Composição construtiva dos peitoris ventilados estabelecidos na segunda etapa das medições: FASE APLICATIVA .....	110
<b>5.3</b>	Materiais absorvedores utilizados na cavidade interna das investigações do peitoril ventilado .....	113
<b>5.4</b>	Outros sistemas construtivos de fachada investigados sem/com utilização do peitoril ventilado.....	115
<b>5.5</b>	Principais conjuntos de normas de isolamento sonoro.Fonte: (DUARTE, 2005) .....	117
<b>5.6</b>	Quantidade do único número de isolamento sonoro para propriedades do elemento do edifício e do edifício respectivamente. Fonte: ISO 717-1 (1996).....	123
<b>5.7</b>	Valores da curva de referência para isolamento sonoro em bandas de frequência de um terço de oitava e bandas de oitava.Fonte: ISO 717-1 (1996).....	124
<b>5.8</b>	Descritivo dos protótipos avaliados na primeira etapa da FASE EXPERIMENTAL denominada etapa “investigação inicial” (EXP -Conf01 a EXP -Conf04).....	131
<b>5.9</b>	Descritivo dos protótipos avaliados na segunda etapa da FASE EXPERIMENTAL denominada etapa “melhoramento inicial”.(EXP-Conf05 a EXP-Conf08 ).....	133
<b>5.10</b>	Descritivo dos protótipos avaliados na primeira etapa da FASE APLICATIVA denominada etapa “comparação” (C).. .....	135
<b>5.11</b>	Protótipos avaliados na segunda etapa da fase aplicativa denominada etapa “investigação” (I).....	137
<b>5.12</b>	Descritivo dos protótipos avaliados na terceira etapa da fase aplicativa denominada etapa “melhoramento” .....	139
<b>6.1</b>	Resumo das configurações de peitoris ventilados investigados na primeira etapa da fase experimental .....	145
<b>6.2</b>	Resumo dos resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) em dB investigados, referente aos protótipos avaliados na primeira etapa da FASE EXPERIMENTAL .....	145
<b>6.3</b>	Resumo das configurações de peitoris ventilados investigados na segunda etapa da FASE EXPERIMENTAL .....	147
<b>6.4</b>	Resumo dos resultados investigados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) em dB referente aos protótipos avaliados na segunda etapa da FASE EXPERIMENTAL.....	148
<b>6.5</b>	Resultados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nT,w'}$ ) em dB para as diferentes configurações analisadas na primeira e segunda etapa da FASE EXPERIMENTAL.....	150
<b>6.6</b>	Resumo das composições construtivas diferenciadas na FASE APLICATIVA, investigadas em tres etapas: Etapa “comparação”.....	151
<b>6.7</b>	Resumo das composições construtivas diferenciadas na FASE APLICATIVA, investigadas em tres etapas: Etapa “investigação” .....	152
<b>6.8</b>	Resumo das composições construtivas diferenciadas na FASE APLICATIVA, investigadas em tres etapas: Etapa “melhoramento” .....	153
<b>6.9</b>	Resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e da Diferença Pradonizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) em dB das situações da Fase Aplicativa - Etapa “Comparação” – FASE APLICATIVA.....	154
<b>6.10</b>	Resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e Diferença Padronizada	157

	de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) em dB das situações investigadas na FASE APLICATIVA – Etapa “Investigação”.....	
<b>6.11</b>	Resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) das situações investigadas da FASE APLICATIVA – Etapa “Melhoramento” .....	160
<b>6.12</b>	Resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) das tipologias compostas de paredes simples refletoras .....	164
<b>6.13</b>	Resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) das tipologias de paredes compostas investigadas (refletora/absorvedora/refletora), telha termo-acústica, placa cimentícia e placa viroc. ....	169
<b>6.14</b>	Resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) das tipologias de paredes compostas (refletora/absorvedora/perfurada), chapa metálica, madeira e pvc. ....	175
<b>6.15</b>	Coeficiente de absorção sonora da fibra de coco e da lã de rocha.....	179
<b>6.16</b>	Resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) entre tipologias similares: placa viroc com a presença da placa absorvedora aplicada na parede da edificação composta por diferentes materiais, lã de rocha e fibra de coco.. ....	182
<b>6.17</b>	Síntese dos resultados apresentados em diferentes grupos das tipologias investigadas .....	184
<b>6.18</b>	Estimativa de custos dos materiais necessários para execução dos protótipos (fretes e mão de obra não inclusos).....	195

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

### SÍMBOLOS

NBR	Norma Brasileira
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
A	Abertura
Z	Zona Bioclimática
OMS	Organização Mundial de Saúde
Leq	Nível de Pressão Sonora Equivalente
dB	Decibels
(K)	Coeficiente
NDSI	Noise Depreciation Sensitivity Index
PIB	Produto Interno Bruto
R	Índice de Redução Sonora
ISO	International Standard Organization
TL	Transmission Loss
D	Diferença de Nível
NR	Noise Reduction
IL	Insertion Loss
PT	Perda de Transmissão
R	Sound Reduction Index
L1	Nível de pressão sonora em um ambiente com a presença da fonte sonora.
L2	Nível de pressão sonora em um ambiente receptor de som
S	Área da parede de transmissão sonora em comum
a	Absorção do ambiente receptor em sabins
f	Frequência sonora
Hz	Hertz
$\alpha$	Coeficiente de absorção
m	Massa da superfície expressa em $Kg / m^2$
$f_c$	Frequência crítica
$c^2$	Velocidade do fluido em que circunda o painel

$c_l$	Velocidade da onda longitudinal no sólido
$h$	Espessura da placa investigada
$d$	Espaço de ar em m
$c$	Velocidade de propagação do som em m/s
$R_{comp}$	Índice de Redução Sonora de uma superfície composta
$\pi_{comp}$	Coefficiente de transmissão composto
$S_i$	Área de cada superfície
$\tau_i$	Coefficiente de Transmissão sonora de cada superfície
$L_{10}$	Nível de pressão sonora existente em 10% do tempo
$L_{90}$	Nível de pressão sonora existente em 90% do tempo
$R'_{45^\circ}$	Índice de Redução Sonora aparente
$R_w$	Índice de redução sonora ponderada
$D_{n,c,w}$	Nível de diferença normalizado para tetos suspensos ponderados, $D_{n,c,w}$
$D_{n,e,w}$	Diferença normalizada de Nível de para elementos ponderados, $D_{n,e,w}$
$R'_w$	Índice de redução sonora aparente ponderada,
$D_{n,w}$	Diferença Normalizada Ponderada de Nível
$R'_{tr,s,w}$	Índice de redução sonora aparente ponderada, $R'_{tr,s,w}$
$D_{nT,w}$	Diferença Padronizada de Nível Ponderada, $D_{nT,w}$
$D_{ls,2m,nT,w}$	Diferença Padronizada de Nível Ponderada, $D_{ls,2m,nT,w}$
$R'$	Índice de redução sonora aparente ponderada, $R'$
$R'_{tr,s}$	Índice de redução sonora aparente ponderada, $R'_{tr,s}$
$D_n$	Diferença Normalizada de Nível
$D_{nT}$	Diferença Padronizada de Nível
$D_{ls,2m,nT}$	Diferença Padronizada de Nível Ponderada
Conf	Configuração
U	Transmitância térmica
Fso	Fator de sombra
$R'_{45^\circ w}$	Índice de Redução Sonora Aparente Ponderada
$\varphi$	Carga Térmica

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

### **1.1 Apresentação**

Com a crise energética do petróleo iniciada em 1968, várias discussões foram levantadas com o propósito de estimular as edificações a se inserirem em um contexto sustentável, na busca do desenvolvimento e uso de energias limpas e renováveis. No ramo da construção civil, as edificações são consideradas grandes consumidoras dos recursos naturais, daí à necessidade de serem adotadas medidas de redução do consumo desses recursos. Os novos conceitos levam à implantação de novas ações, as quais visam tornar as edificações energeticamente mais eficientes. Essas novas ideias estão basicamente focadas nas decisões estratégicas do projeto arquitetônico. Foi na década de 60, que Olgay (1963), utilizando-se da arquitetura bioclimática, buscou melhorias das condições de conforto dos seres humanos nas edificações, mediante o uso de estratégias apropriadas de projeto de acordo com as diferenças climáticas consideradas para cada local.

No Brasil, as novas tendências dos anos 60, representadas por meio do edifício multifamiliar residencial, passaram a construir um campo primordial de experimentação para os arquitetos. Os novos conceitos e concepções do edifício em altura, e implantado de forma recuada no lote, motivaram que os projetos elaborados pelos arquitetos tivessem mais liberdade e assim pudessem atender melhor aos requisitos bioclimáticos de ventilação e de orientação.

Nas regiões de clima quente-úmido, como no Nordeste Brasileiro, especialmente no Estado de Pernambuco, a utilização do peitoril ventilado como estratégia de projeto bioclimático tornou-se uma ferramenta de projeto muito bem aplicada dentro desse conceito, uma vez que esse elemento favorece a integração entre o interior e exterior, a partir da inter-relação de três sistemas: o clima, o homem e o habitat. A utilização de estratégias passivas de projeto

arquitetônico beneficia a climatização natural (ventos), propiciando a sensação de conforto térmico nos usuários com baixo consumo de energia por parte da edificação.

O peitoril ventilado é um elemento complementar de fachada com formas diversas, sobreposto a uma abertura localizada no peitoril abaixo das janelas. Sua finalidade é atuar como fonte complementar do movimento de ar proporcionado pelas aberturas, permitindo a passagem dos ventos sem que haja penetração de chuvas para o interior da edificação.

A aplicabilidade estratégica do peitoril ventilado como ferramenta de projeto que beneficia a ventilação natural, pode ser vista de forma única ou conjunta. Para isso se tornar viável e efetivo, tem que se ter o cuidado em relação à concentração dos mais diferentes poluentes. De uma maneira geral, os poluentes externos devem ser menores que os poluentes internos. Essa preocupação deve ser reforçada com o objetivo de que o beneficiamento da ventilação natural não deva causar outros problemas como ruídos ou falta de privacidade.

Para se obter o conforto acústico, cabe ressaltar que as edificações, na maioria, estão inseridas em regiões populosas, onde o ruído faz parte do contexto urbano. Os ruídos de tráfegos existentes nas grandes cidades vêm tomando grandes proporções, e, segundo a Organização Mundial de Saúde (BERGLUND, LINDVALL e SCHWELA, 1995), a poluição sonora já é considerada a terceira maior poluição do mundo. Aberturas para ventilação natural geralmente oferecem pouca resistência à passagem do ruído, tornando-se o maior problema das estratégias de projeto passivo.

Para as edificações estarem inseridas a um nível mínimo de desempenho térmico, ao longo de uma vida útil, surgiu a Norma Brasileira de Desempenho Térmico para Edificações – NBR 15.220, publicada em maio de 2005 pela ABNT. Essa norma apresenta recomendações para estratégias de projeto passivo com o objetivo de atender as diferentes regiões climáticas no Brasil. A Norma estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro, recomendando diretrizes construtivas relacionadas a estratégias de projeto térmico passivo como também procura orientar ações sobre as aberturas em relação ao seu tamanho e sombreamento necessário. Nessa norma, ainda são fornecidas recomendações de aberturas para ventilação em percentagem da área de piso. Essas aberturas, denominadas “A”, podem ser classificadas como pequenas, médias e grandes, as quais são distribuídas em três Zonas Bioclimáticas descritas Z6, Z7 e Z8 onde

encontram-se grande parte do Norte, Nordeste e Centro Oeste Brasileiro, regiões onde a concepção do peitoril ventilado é propícia de ser utilizada.

Leal, Cândido e Bittencourt (2006), em pesquisas desenvolvidas sobre ventilação natural, descrevem que o desempenho do peitoril ventilado é afetado significativamente pela dimensão e forma adotadas, esclarecendo que a extensão da parte superior do dispositivo proporciona o direcionamento do fluxo de ar proveniente do peitoril. Os autores relatam também que os formatos mais aerodinâmicos, como inclinados ou curvos, favorecem a maior captação do ar para o interior do ambiente.

Segundo Viqueira et al (2002), o vento é um dos parâmetros importantes a serem considerados na arquitetura, seja para captá-lo, evitá-lo, ou controlá-lo. Dessa forma, o vento é um elemento de climatização passiva que tem sido bastante utilizado na arquitetura em todos os tempos e todos os lugares.

O projeto arquitetônico que visa beneficiar de climatização natural faz com que o design de suas fachadas seja caracterizado pela presença de aberturas para a passagem do vento. A utilização do peitoril ventilado como elemento construtivo, principalmente nas regiões de clima quente-úmido, é considerada um parceiro benéfico para implantação na construção dessas fachadas.

O peitoril ventilado agrega valores à obra arquitetônica de várias maneiras: climática, plástica e energeticamente. Climaticamente é um elemento expressivo de uma arquitetura aberta, própria para os trópicos e, assim, ao mesmo tempo, ventila e sombreia o espaço interior. Nas regiões de clima quente-úmido, o peitoril ventilado oferece uma grande contribuição para se obter uma fachada impermeabilizada, devido à constante presença de chuvas nestas regiões. Plasticamente, passa a ser um rico elemento devido a sua grande potencialidade construtiva, uma vez que acrescenta valores formais à leitura do edifício. Energeticamente, por ser um coletor de ventilação natural, torna-se um elemento que visa contribuir para a diminuição do consumo de energia da edificação e, dependendo da situação, poderá conduzir passivamente a edificação a situações de conforto térmico dos seus habitantes.

A argumentação acima retrata alguns fatores benéficos na implantação do peitoril ventilado na construção. Porém, alguns cuidados paralelos merecem ser destacados. Proporcionar a ventilação natural, em uma edificação, com a implantação de aberturas pode implicar caminhos fáceis para passagem e condução do ruído para o interior dos espaços. O desafio deste trabalho foi verificar e buscar alternativas em que possam ser melhoradas as condições acústicas do peitoril ventilado. Melhorar as suas características de desempenho acústico, implica criar subsídios técnicos para os engenheiros e arquitetos poderem enquadrar, nos projetos arquitetônicos, um pensamento bioclimático, utilizando-se do peitoril ventilado.

Muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas, nos últimos anos, com o objetivo de buscar elementos construtivos no combate ao calor e à insolação excessiva. No combate ao calor, muitas ações estão voltadas para o fechamento das fachadas, que beneficia o isolamento acústico e incentiva a utilização do ar condicionado. Em caminho oposto, existem ações que buscam alternativas passivas de projeto, implantadas nas decisões arquitetônicas por meio da utilização de fachadas abertas, incorporadas aos edifícios. Essas ações visam fazer uso da ventilação natural, da luz natural, mas, involuntariamente, conduzem à entrada de sons indesejáveis do ambiente externo para o interior das edificações. Integrar todos esses condicionantes - iluminação, ventilação, paisagem e controle de ruído - em uma única e simples fachada, requer habilidades difíceis para os projetistas. A questão fica em como conciliar todos os condicionantes e qual, dentre estes, deve ser a ordem de prioridade. Grande parte dessas estratégias passivas de projeto faz com que o conforto acústico seja negligenciado, mediante as dificuldades encontradas. Dentre tantas, a falta de informações sobre acústica, necessárias para a utilização do peitoril ventilado, não foge a essa regra.

A necessidade de informações sobre elementos de fachada que agreguem esses conceitos bioclimáticos é de grande valia para o circuito da construção civil. Fica cada vez mais forte a preocupação de incentivar o desenho arquitetônico das edificações com estratégias bioclimáticas, apresentando valores acústicos agregados ao projeto, pois esses recursos podem ser grandes aliados para a melhoria da atual situação mundial no que se refere aos problemas ambientais.

A cada dia são maiores os conflitos apresentados para concretização de implantação de um projeto arquitetônico com integração bioclimática. Alguns destes conflitos são associados à

utilização de aberturas para ventilação natural e condução de ruído do exterior para o interior das edificações, pois, ao beneficiar a iluminação natural no projeto por painéis de vidro, pode-se fragilizar o isolamento sonoro das superfícies externas. Porém, ao se incrementar a ventilação natural com pequenas aberturas, pode-se evitar a climatização artificial, ação, desmotivadora da melhora da eficiência energética. Este trabalho buscou conhecer informações acústicas até então desconhecidas sobre peitoris ventilados, variando tipologias construtivas, para fomentarem dados que possam ser agregados a outros conceitos que levem as ambientes acusticamente mais favoráveis. Com os resultados obtidos, este trabalho visa possibilitar uma integração entre conforto acústico, conforto térmico e eficiência energética, simplesmente aperfeiçoando um elemento de fachada, por meio da melhora de detalhes construtivos. Esta iniciativa, de utilização do peitoril ventilado, pode levar a arquitetura a caminhos com maior integração bioclimática para obtenção de espaços possivelmente mais saudáveis e sustentáveis.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo geral investigar o desempenho acústico de diversas tipologias de peitoris ventilados, a fim de criar subsídios técnicos para que sejam utilizados como ferramenta nas fachadas dos projetos bioclimáticos das regiões de clima quente-úmido no Brasil.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Conhecer o comportamento acústico de várias soluções construtivas de peitoris ventilados;
- Incentivar o uso das técnicas passivas nas edificações através de maiores conhecimentos do desempenho acústico do peitoril ventilado;
- Buscar materiais mais sustentáveis para serem utilizados como elemento construtivo na fabricação dos peitoris ventilados;
- Comparar os dados encontrados do desempenho acústico dos peitoris ventilados com os resultados de outras pesquisas existentes, que utilizam elementos de fachada ventilada.

### **1.3 Hipótese formulada**

Este trabalho tem a seguinte hipótese:

“Se o peitoril ventilado é um elemento passivo de fachada utilizado nas estratégias de projeto bioclimático, então quais as soluções construtivas que pode contribuir para a redução do ruído das aberturas nestas fachadas”

### **1.4 Estrutura da tese**

A apresentação do trabalho é feita em sete capítulos como mostra o texto que se segue.

No *Capítulo 1* é feita uma breve introdução do tema da pesquisa onde são apresentados aspectos relevantes, os quais justificam a intenção deste trabalho, a descrição do objetivo geral e específico, bem como a formulação da hipótese.

O “peitoril ventilado”, elemento utilizado como objeto de estudo, é apresentado no *Capítulo 2*, juntamente com algumas informações pertinentes a estratégias passivas de projeto. A importância da arquitetura adequada ao clima é referenciada no combate ao calor e à insolação excessiva. Outros elementos arquitetônicos de fachada, incorporados ao clima quente úmido, também são mencionados nesse capítulo com uma breve discussão sobre os custos das decisões de projeto, em relação à problemática do impacto acústico nas edificações.

O *Capítulo 3* apresenta informações para conhecer, com aprofundamento, as questões do controle do ruído nas edificações, sobre três focos; isolamento na fonte, na trajetória de transmissão e no receptor. A influência da absorção sonora no isolamento é descrita juntamente com o Índice de Redução Sonora nos vários sistemas construtivos, parede simples, parede dupla e parede composta.

O *Capítulo 4* mostra a diversidade de trabalhos voltados para a melhoria do desempenho acústico em fachadas, seja pela criação de formas diferentes de varandas ou pátios, seja pela busca na melhoria das janelas e barreiras. Os relatos apresentados sugerem que, com um desenho cuidadoso, o desempenho acústico das fachadas pode ser aperfeiçoado para se buscar Índices de Redução Sonora cada vez mais alta.

Destaca-se, no *Capítulo 5*, a descrição dos materiais e métodos desenvolvidos neste trabalho, indicando os aspectos necessários para a definição e implantação do objeto de estudo, o “peitoril ventilado”. O local do experimento e os procedimentos referentes às medições foram detalhados. Para o desenvolvimento deste trabalho, foram necessários conhecimento e uso de normas que definiram os procedimentos de medição descritos também nesse capítulo.

O *Capítulo 6* apresenta os resultados e discussão dos dados das medições efetuadas nas várias fases da pesquisa. Algumas comparações são feitas entre os diversos materiais utilizados, observando sempre a preocupação do desempenho acústico dos peitoris ventilados. Os resultados de diversos trabalhos existentes com elementos de fachadas foram comparados com os resultados deste trabalho.

As conclusões desta pesquisa são destacadas no *Capítulo 7*. As considerações finais sobre o trabalho são ressaltadas, mostrando a importância dos aspectos acústicos estarem agregados à edificação em relação à ventilação e à eficiência energética. Enfatiza-se que a aplicabilidade do “peitoril ventilado” como solução projetiva das edificações é um elemento agregador para as fachadas, pois sua utilização poderá servir de um rico componente plástico que traz grandes benefícios promovendo a ventilação natural dos ambientes, e conseqüentemente, reduzirem o consumo energético. Finalizando este capítulo, algumas recomendações são mencionadas como sugestões para futuros trabalhos, com a finalidade de que a busca por espaços mais sustentáveis e integrados bioclimaticamente com acústica possa servir de um componente arquitetônico bem aplicável.

## **CAPÍTULO 2 – PEITORIL VENTILADO E ESTRATÉGIAS PASSIVAS DO PROJETO ARQUITETÔNICO**

A Arquitetura Moderna Brasileira oriunda do Movimento de Arte Moderna de 1922 marcou o surgimento de novos conceitos e idéias revolucionárias. Nessa época, foi necessária a superação de alguns obstáculos como: indiferença ou hostilidade da opinião pública, incompreensão geral, a necessidade de contornar a legislação municipal, a qual limitava a liberdade de composição e, finalmente, a superação do alto custo dos materiais industrializados e dos métodos de construção ainda artesanais. Segundo Bruand (1981), era preciso coragem, energia e entusiasmo para ousar e enfrentar todos esses problemas de uma só vez.

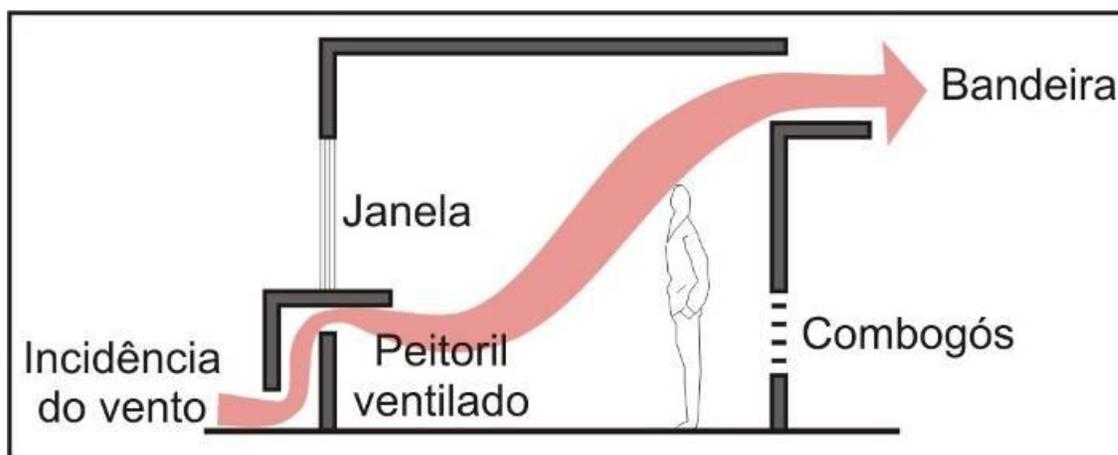
Na literatura, constata-se que o clima foi o fator que mais interferiu na evolução da Arquitetura Moderna Brasileira. O Brasil, situado inteiramente entre o Equador e o Trópico de Capricórnio, apresentando-se com temperaturas elevadas durante o verão, colocou-se, dessa maneira, para os arquitetos, como motivo claro na busca de elementos para combater o calor e a insolação excessiva, proveniente de uma luminosidade intensa.

### **2.1 O peitoril ventilado**

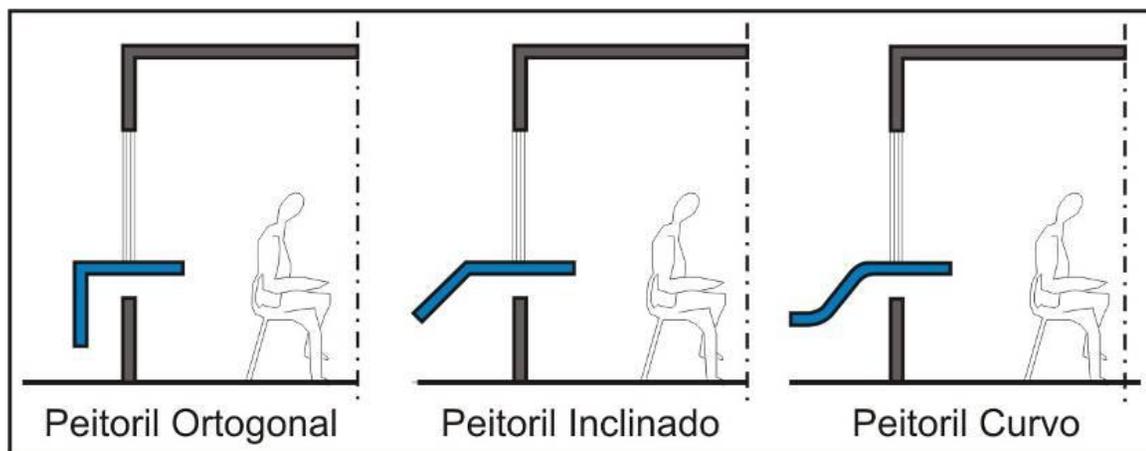
Armando de Holanda, arquiteto pernambucano, grande defensor da arquitetura bioclimática, sintetizou algumas ideias por conta dos exercícios práticos apresentados pelos arquitetos da época moderna pernambucana, Delfim Amorim, Gil Borsoi, Reginaldo Esteves e Vital Pessoa de Melo. Destaca essas ideias como uma perfeita adequação da arquitetura moderna aos condicionantes climáticos locais, mencionados em um livro simples e prático denominado “Roteiro para Construir no Nordeste” (HOLANDA, 1973). Nesse roteiro, são estabelecidos

princípios visando à melhora dos índices de desempenho das edificações. Armando de Holanda descreve, em seus roteiros, que a arquitetura dos climas quentes úmidos deve ser sombreada, aberta, vigorosa, acolhedora e envolvente. Dentre as várias soluções projetivas, “o peitoril ventilado”, elemento de estudo deste trabalho, é mencionado e criado como um elemento agregado às fachadas, que quando utilizado, podem servir de rico componente arquitetônico plástico, trazendo grandes benefícios com a promoção da ventilação natural dos ambientes.

Bittencourt, Sacramento, Leal e Cândido (2007) descrevem o peitoril ventilado (Figura 2.1) como um dispositivo geralmente executado em concreto, com formato em “L” invertido, sobreposto a uma abertura localizada no peitoril abaixo das janelas, que tem por finalidade atuar como fonte complementar do movimento de ar proporcionado pelas aberturas. Essa abertura apresenta-se protegida das chuvas pelos planos verticais e horizontais do “L”, permitindo a passagem dos ventos, sem que haja a penetração de chuvas. Analisando a definição, pode-se observar que o uso do peitoril ventilado nas edificações de climas quente-úmido passa a ser um excelente recurso de aplicação, pois, além de possibilitar uma grande variação de formas e composições plásticas (Figura 2.2), também permite promover a renovação do ar dos ambientes, mesmo durante chuvas pesadas, característica climática acentuada dessas regiões.



**Figura 2.1:** O peitoril ventilado



**Figura 2.2:** Formas de peitoril ventilado

Segundo Holanda (1976), as chuvas de verão do Nordeste provocam a sensação de muito calor, devido ao aumento da umidade do ar. Nessas ocasiões, é indispensável que os ambientes permaneçam ventilados, sendo utilíssima, nas edificações em altura, a aplicação do peitoril ventilado, criado por Augusto Reinaldo. Nas Figuras 2.3 a 2.13, são apresentados alguns exemplos de peitoril ventilado, utilizados nas mais variadas aplicações dentro do contexto da arquitetura moderna brasileira.



**Figura 2.3:** Edifício Acaiaca (1957). Arquitetos Delfim Amorim e Lúcio Estelita, Recife, 1957.  
Fonte: (MOREIRA, 2007).



**Figura 2.4:** Edifício Mirage (1967), de Acácio Gil Borsoi: uma resposta à demanda da mudança da casa para o apartamento. Fonte: ARCOweb

(continua)

(continuação)



**Figura 2.5:** Residência Emir Glasner (1972), Recife. Arquiteto Vital M. T. Pessoa de Melo. Fonte: Foto de Aurelina Moura. Arquitectos 086



**Figura 2.6:** Residência (1964) – Maceió-AL. Fonte Maria Lúcia Oiticica



**Figura 2.7:** Peitoril ventilado. Década de 50. Fonte: Acervo Leonardo Bittencourt.



**Figura 2.8:** Laboratório Ufal. Fonte: Acervo Leonardo Bittencourt

Antes da reforma



**Figura 2.9:** Edifício Donina Carneiro. Maceió-AL. Antes da reforma. Fonte Maria Lucia Oiticica, 2008.

Após a reforma



**Figura 2.10:** Edifício Donina Carneiro. 2009. Maceió-AL. Após a reforma. Fonte: Maria Lucia Oiticica, 2010.

(continua)

(continuação)



**Figura 2.11:** Laboratório UFAL. Arqto. Leonardo Bittencourt.  
Fonte: Leonardo Bittencourt

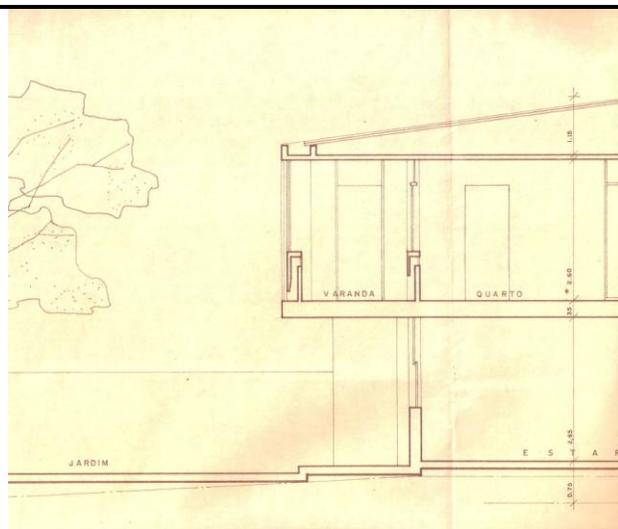


**Figura 2.12:** Edifício Mirage (1967), de Acácio Gil Borsoi. Fonte:  
[http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq012/arq012\\_03.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq012/arq012_03.asp)

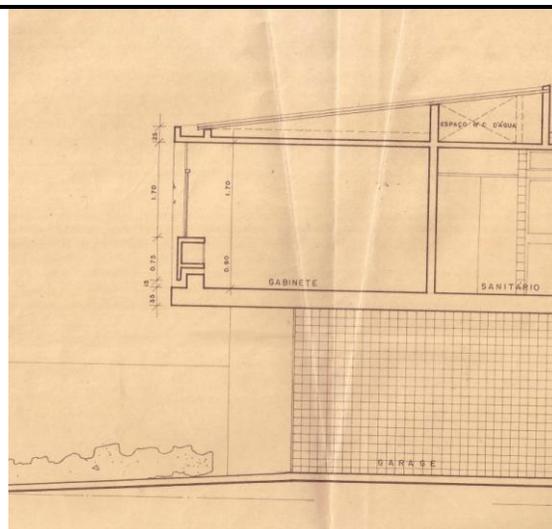


**Figura 2.13:** Edifício residencial (1973), Recife. Arqto. Vital Melo. Fonte: Disponível em: 20/10/2008  
[http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq012/arq012\\_03.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq012/arq012_03.asp)

Com a renovação da arquitetura em Recife, destacam-se os jovens arquitetos, Gil Borsoi (carioca) e Delfim Amorim (português). Amorim fixou-se nessa cidade, em 1951, onde foi inicialmente fortemente inspirado pelas doutrinas de Le Corbusier, procurando conservar um ar europeu nos seus projetos. Mediante o conhecimento dos problemas adversos ao clima quente e úmido, esses arquitetos buscaram, na sua arquitetura, soluções mais adequadas ao local, engajando-se assim em novas pesquisas, evitando o abandono das novas técnicas da época moderna. Como professores da Faculdade de Arquitetura, foram responsáveis pela formação de uma geração de jovens arquitetos locais, tais como Reginaldo Esteves e Vital Pessoa de Melo. As novas ideias passariam a ser fruto de uma fusão entre o estilo internacional do século XX com as particularidades locais, dando excelentes resultados, principalmente na perfeita adequação da arquitetura moderna aos condicionantes climáticos locais, entre elas a aplicação do peitoril ventilado (Figura 2.14 e 2.15).



**Figura 2.14:** Corte do projeto de uma residência em Maceió, utilizando peitoril ventilado: Arquiteto Reginaldo Luiz Esteves - Crea-PE, datado de jan/1964. Fonte: Acervo Jarbas Oiticica



**Figura 2.15:** Corte original do projeto de uma residência em Maceió, utilizando peitoril ventilado: Arquiteto Reginaldo Luiz Esteves - Crea-PE, datado de jan/1964. Fonte: Acervo Jarbas Oiticica

Holanda (1976), como roteirista das construções nordestinas, descreve: “a proteção das aberturas externas torna-se imprescindível nos trópicos, para a criação de ambientes amenos e a redução dos consumos de energia com refrigeração e iluminação artificiais. As vantagens

econômicas dessas proteções ficam evidenciadas quando se compara seu custo de instalação com os de operação do edifício, ao longo da sua vida.” Com isso a benfeitoria do peitoril ventilado fica notória, uma vez que sua aplicação é um eficiente elemento bioclimático.

## **2.2 Estratégias passivas de projeto: ventilação e ruído**

A arquitetura tem além de outras tantas funções, a de criar espaços que possam estar adaptados a uma série de normas para atenderem às exigências dos indivíduos que ocupam esses espaços no sentido de habitabilidade física, química e de segurança. Os arquitetos têm uma grande responsabilidade, uma vez que suas decisões devem atender e resolver múltiplos problemas funcionais e estéticos dentro de complexas solicitações socioeconômicas, culturais e tecnológicas (RIVIERO, 1986).

A arte de projetar não deve estar limitada a apenas resolver problemas físicos, funcionais, estéticos e econômicos. Os projetos arquitetônicos, muitas vezes, apresentam-se com ausência de soluções vinculadas às necessárias adaptações climáticas. Para alguns projetistas, essa ausência, nos projetos da adequação climática, vinculados aos outros problemas de projeto (físico, funcionais, estéticos e econômicos), fica por conta das complexas exigências técnicas encontradas no ato das decisões de projeto, devido às dificuldades existentes de informações e tecnologias básicas que passam a tolher ou limitar a capacidade criadora. Já para outros projetistas, a luta incessante por informações, com melhor aplicabilidade a uma adequação climática ao projeto, serve de sustentáculo para um mundo mais sustentável e, dessa forma, as decisões de projeto passam a ser um desafio a sua potencialidade criadora e inovadora.

Segundo Romero (1988), vivemos em um período extremamente interessante. Se de um lado experimentamos o avanço espetacular da ciência, em praticamente todas as áreas, progredindo de uma forma que assusta até as pessoas mais esclarecidas, de outro, assistimos à separação de um casamento praticamente perfeito, e que vem dando bom resultado a cerca de aproximadamente 10.000 anos, que é o da arquitetura com o clima.

Maciel (2006) relata, em seus estudos de integração de conceitos bioclimáticos ao projeto arquitetônico, que, nos últimos trinta e cinco anos, houve um progresso considerável no campo da bioclimatologia e eficiência energética, mas todo esse progresso não tem influenciado a prática de projeto.

O conhecimento bioclimático, neste terceiro milênio, leva o homem a retomar a sua preocupação com aspectos relacionados a uma maior integração com a natureza. Surge a “Consciência Ecológica”, forma de pensar que permite grandes realizações a partir da avaliação dos impactos e/ou intervenções nos ecossistemas. Inicia-se a luta de conquista da associação entre ventilação e proteção solar para se obter um meio mais eficiente de conforto térmico por vias passivas. Nesse contexto, na edificação, os cuidados devem ser redobrados em relação aos problemas acústicos que, por acaso, possam ocorrer, sem que tragam prejuízo para o pensamento bioclimático.

A arquitetura, através das suas formas e espaços urbanos, tem propriedades sonoras que podem contribuir para uma boa ou má qualidade do ambiente sonoro. As formas podem permitir a existência de alguns sons e exclusão de outros, influenciando assim para que as decisões de projeto sejam estabelecidas com o objetivo de se obter maior satisfação aos usuários nos mais diversos aspectos: social, econômico, técnico e estético. Nesse conceito, a utilização de diversas formas do elemento peitoril ventilado passa a ser um relevante fator na melhoria dos aspectos citados.

Sabe-se que, para uma edificação obter bons resultados de conforto acústico, algumas normas acústicas merecem ser levadas em consideração. Se de um lado a edificação é marcada por aberturas livres as quais permitem um condicionamento natural de excelentes resultados energeticamente, por outro, têm-se janelas voltadas para espaços públicos acusticamente agradáveis ou não. Conhecer o entorno passa a ser de fundamental importância para a implantação de qualquer edificação. Saber escutar esses espaços torna-se uns dos primeiros passos para se conhecer onde devemos localizar uma edificação, cujos resultados energéticos estejam no grupo dos que terão, de alguma forma, condicionamento natural. Esse casamento é importantíssimo e, com certeza, essa integração da arquitetura bioclimática com a adequação acústica é essencial para a obtenção de espaços mais saudáveis e mais sustentáveis.

A bioclimatologia relaciona o estudo do clima aplicado à arquitetura, buscando-se com isso, melhorar as condições de conforto dos seres humanos nas edificações, por meio do uso de estratégias de projeto apropriadas, de acordo com as diferenças climáticas consideradas para cada local. Foi Olgay (1968) que apresentou, no seu livro *Design with Climate*, o primeiro método de fácil compreensão para se levar em consideração as variáveis do lugar (temperatura, umidade relativa, nebulosidade, precipitações, ventos e energia solar).

Nas regiões quentes, de uma maneira geral, a arquitetura pode contribuir para minimizar a diferença entre as temperaturas externas e internas. Existem momentos em que o desempenho térmico de uma edificação pode ser estabelecido com a utilização dos recursos naturais existentes. Por outro lado, nos momentos quando as condições climáticas são muito rígidas, deve-se ter preocupação de procurar propostas arquitetônicas que maximizem o desempenho térmico natural. Essas tarefas, quando bem planejadas e implantadas, podem reduzir a potência de equipamentos de refrigeração, pois diminuem a quantidade de calor a ser retirada. Frota e Schiffer (2005) estabelecem algumas clássicas recomendações de decisões para o projeto arquitetônico relativo às edificações das regiões de clima quente-úmido (Tabela 2.1).

**Tabela 2.1:** Recomendações para as decisões quanto ao projeto arquitetônico relativo às edificações. Fonte: (FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R., 2005)

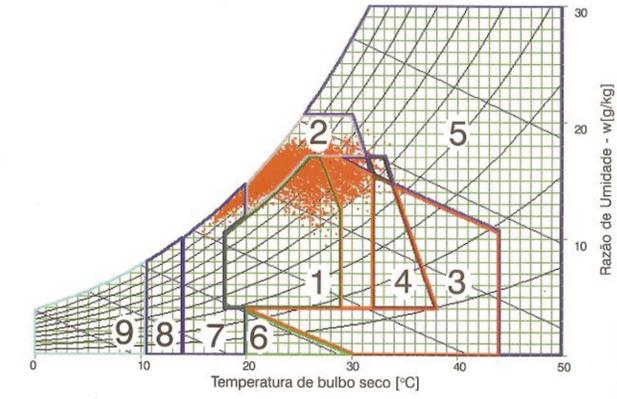
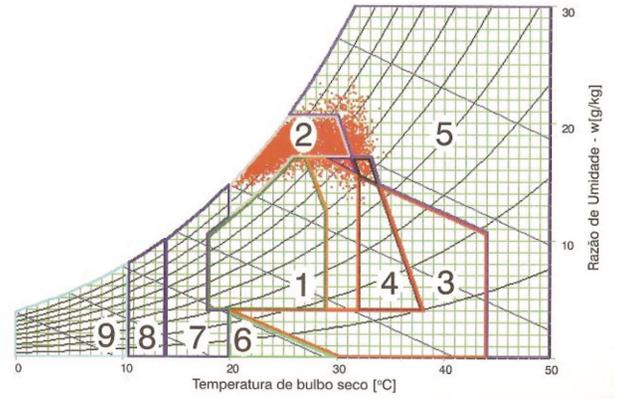
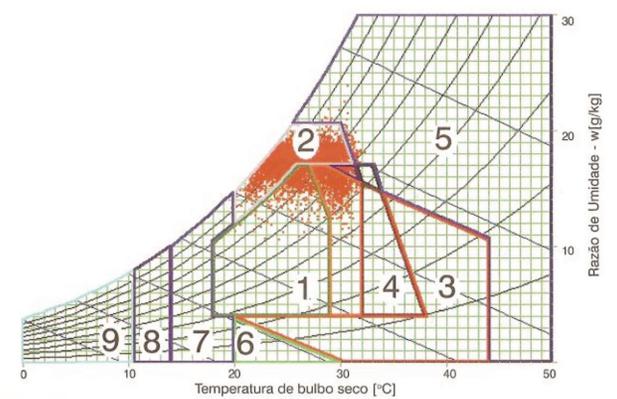
Item	Recomendações para as decisões quanto ao partido arquitetônico em regiões de clima quente-úmido
1	<b>Ventilação noturna é bastante desejável.</b>
2	<b>Prever aberturas</b> suficientemente grandes para permitir a ventilação nas horas do dia em que a temperatura externa está mais baixa que a interna.
3	<b>Proteger as aberturas</b> da radiação solar direta sem fazer obstáculos ao vento.
4	A construção não deve ter uma inércia muito grande.
5	A cobertura tem que ser com inércia média, mas com elementos isolantes nos vedos.
6	<b>A vegetação não deve impedir a passagem dos ventos.</b>
7	As edificações nos lotes urbanos devem estar dispostas, de modo a permitir que a(continua) ventilação atinja todos os edifícios e possibilite a <b>ventilação cruzada nos seus interiores.</b>
8	O arranjo espacial nas quadras deve incluir preocupação quanto às distâncias entre as edificações para <b>não agirem como barreiras ao vento</b> para as vizinhanças.
9	Quanto à largura das ruas, as que estiverem localizadas perpendicularmente à direção dos ventos dominantes devem ter dimensões maiores para <b>evitar que construções situadas em lados opostos das ruas funcionem como obstáculos aos ventos.</b>

A carta bioclimática é construída sobre um diagrama psicométrico que relaciona a temperatura do ar e a umidade. Está dividida em nove zonas para análise das estratégias bioclimáticas. Dentre as estratégias propostas, as mais importantes para as regiões de clima quente úmido são: (1) zona de conforto, (2) zona de ventilação, (3) zona de resfriamento evaporativo e (4) zona de massa térmica para resfriamento. As demais zonas são: (5) ar condicionado, (6) umidificação, (7) massa térmica para aquecimento, (8) aquecimento solar e (9) aquecimento artificial, estratégias correlacionadas às regiões frias e temperadas.

Diversas cartas bioclimáticas são usadas como ferramentas para estabelecer critérios de conforto nas edificações. A carta bioclimática de Givoni (1992) é a mais aplicada em estudos no Brasil, por definir o limite da zona de conforto e as zonas com as principais estratégias bioclimáticas de conforto aplicadas ao projeto.

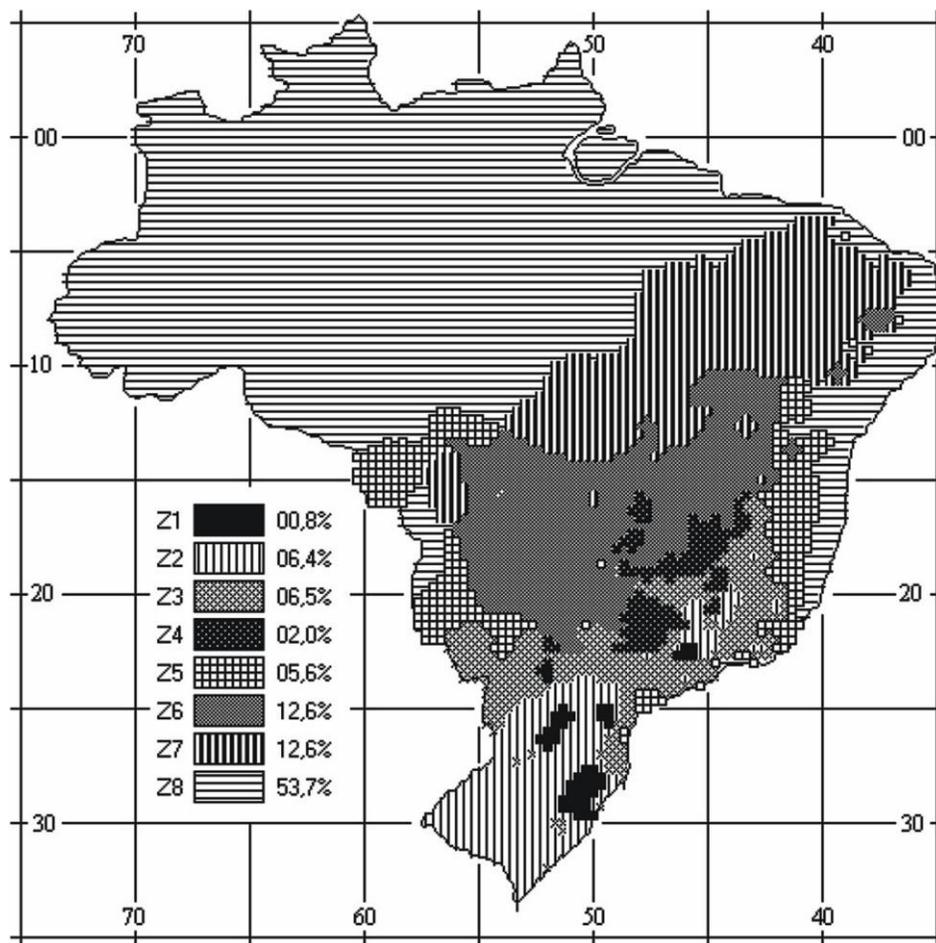
Segundo o programa ANALYSIS BIO, desenvolvido no LABEEE (laboratório de Eficiência Energética em Edificações) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), pode-se obter a Carta Bioclimática de várias cidades brasileiras. Algumas delas como, Maceió, Belém e Fortaleza (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2004) são observadas, na Tabela 2.2, onde se pode constatar que a ventilação natural ainda é uma estratégia passiva bem recomendada para essas regiões de clima quente-úmido.

**Tabela 2.2:** Carta e análise bioclimática de três cidades brasileiras.  
 Fonte: (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2004).

CARTA BIOCLIMÁTICA	ANÁLISE BIOCLIMÁTICA
<p><b>MACEIÓ</b></p>  <p>Bioclimatic chart for Maceió. The x-axis is 'Temperatura de bulbo seco [°C]' (0 to 50) and the y-axis is 'Razão de Umidade - w(g/kg)' (0 to 30). The chart shows data points for Maceió clustered in zones 1, 2, 3, 4, and 5. Zone 1 is the most populated.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentração de temperaturas entre 17° C e 32° C e umidades relativas superior a 40%;</li> <li>• Conforto térmico em 17,8% das horas do ano e desconforto em 82,1 %.</li> </ul> <p><b>ESTRATÉGIA RECOMENDADA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilação 60,4%;</li> <li>• Ventilação, massa para resfriamento e resfriamento evaporativo 14,1%.</li> </ul> <p><b>Resumo:</b> A ventilação é a grande solução para o desconforto térmico, resolvendo 75% das horas do ano</p>
<p><b>BELÉM</b></p>  <p>Bioclimatic chart for Belém. The x-axis is 'Temperatura de bulbo seco [°C]' (0 to 50) and the y-axis is 'Razão de Umidade - w(g/kg)' (0 to 30). The chart shows data points for Belém clustered in zones 1, 2, 3, 4, and 5. Zone 1 is the most populated.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentração de temperaturas nunca inferiores a 20°C e umidades relativas altas acima de 50%;</li> <li>• Conforto térmico em apenas 0,7% das horas do ano e desconforto em 99,2 %.</li> </ul> <p><b>ESTRATÉGIA RECOMENDADA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilação 85,6%;</li> <li>• Ventilação, massa para resfriamento e resfriamento evaporativo 2,4%.</li> </ul> <p><b>Resumo:</b> A ventilação é a grande solução para o desconforto térmico, resolvendo 89% das horas do ano. Necessidade de ar condicionado em 9,2% das horas do ano. Integração entre sistemas naturais e artificiais é a maneira mais adequada para obter conforto.</p>
<p><b>FORTALEZA</b></p>  <p>Bioclimatic chart for Fortaleza. The x-axis is 'Temperatura de bulbo seco [°C]' (0 to 50) and the y-axis is 'Razão de Umidade - w(g/kg)' (0 to 30). The chart shows data points for Fortaleza clustered in zones 1, 2, 3, 4, and 5. Zone 1 is the most populated.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentração de temperaturas entre 20°C e 31° C e umidades relativas superiores a 50%.</li> </ul> <p><b>ESTRATÉGIA RECOMENDADA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilação 68,5%;</li> <li>• Ventilação, massa para resfriamento e resfriamento evaporativo 15,8%.</li> </ul> <p><b>Resumo:</b> A ventilação é a grande solução para o desconforto térmico, resolvendo 85,8% das horas do ano. Recomenda os mesmos princípios de projeto: aberturas amplas e sombreadas, direcionadas de forma a captar o vento; adoção de ventilação cruzada e ventilação vertical.</p>

Pela grande adversidade de climas observado no Brasil, a NBR 15.220 - Parte 3: denominada “Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social” (ABNT, 15220), estabelece um Zoneamento Bioclimático (Figura 2.16) dividido em 08 zonas. Essa divisão visa proporcionar condições de conforto, considerando parâmetros de conforto como: tamanho das aberturas para ventilação, proteção das aberturas, vedações externas e estratégias de condicionamento térmico passivo. O litoral nordestino e a região norte do Brasil encontram-se na Zona Bioclimática 08 (Z8), região representada por 53,7% do território brasileiro; já nas Zonas Bioclimáticas 07 (Z7) e 06 (Z6), respectivamente representada por 26,2% do território brasileiro, estão inseridos a região centro-oeste e o interior nordestino. Anexo a essa Norma, encontra-se um conjunto de recomendações com diretrizes construtivas para serem utilizadas como proposta nas estratégias de projeto passivo. Essas recomendações podem ser vistas na Tabela 2.3.

Nas duas zonas climáticas citadas, Z6 e Z7, as recomendações no verão são resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento com ventilação seletiva, havendo a necessidade de serem observados os períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à exterior. Nessas zonas climáticas, o peitoril ventilado, sendo aplicado com cautela, torna-se um parceiro, para beneficiar as condições de conforto térmico nos ambientes. Na zona climática Z8, define-se como estratégia, para época de verão, estimular a ventilação cruzada com ressalvas nos períodos em que se obtenham temperaturas mais quentes. Outro fator importante, como estratégia de projeto para as três zonas analisadas, é estabelecer sombras às aberturas, fator este em que o peitoril ventilado, por si só, já é um elemento sombreado.



**Figura 2.16:** Zoneamento Bioclimático Brasileiro apresentado na NBR 15.220 - Parte 3.  
Fonte: (NBR 15.220, 2005).

**Tabela 2.3:** Recomendações para as zonas bioclimáticas brasileiras como definido pela Norma de Desempenho Térmico NBR 15220-Parte 3. Fonte: LAMBERTS, R; TRIANA, M. A.

Zona	Estratégias		Aberturas para ventilação A (em % da área de piso)	Sombreamento das aberturas	Parede			Cobertura		
	Verão	Inverno			U	$\phi$	FS <sub>o</sub>	U	$\phi$	FS <sub>o</sub>
<b>1</b>		a) Aquecimento solar da edificação / b) Vedações internas pesadas (inércia térmica)	Médias 15% < A < 25%	Permitir sol durante o inverno	<input type="checkbox"/> 3,00 (Parede leve)	<input type="checkbox"/> 4,3	<input type="checkbox"/> 5,0	<input type="checkbox"/> 2,00 (Leve isolada)	<input type="checkbox"/> 3,3	<input type="checkbox"/> 6,5
<b>2</b>	a) Ventilação cruzada	a) Aquecimento solar da edificação / b) Vedações internas pesadas (inércia térmica)	Médias 15% < A < 25%	Permitir sol durante o inverno	<input type="checkbox"/> 3,00 (Parede leve)	<input type="checkbox"/> 4,3	<input type="checkbox"/> 5,0	<input type="checkbox"/> 2,00 (Leve isolada)	<input type="checkbox"/> 3,3	<input type="checkbox"/> 6,5
<b>3</b>	a) Ventilação cruzada	a) Aquecimento solar da edificação / b) Vedações internas pesadas (inércia térmica)	Médias 15% < A < 25%	Permitir sol durante o inverno	<input type="checkbox"/> 3,60 (Parede leve refletora)	<input type="checkbox"/> 4,3	<input type="checkbox"/> 4,0	<input type="checkbox"/> 2,00 (Leve isolada)	<input type="checkbox"/> 3,3	<input type="checkbox"/> 6,5
<b>4</b>	a) Resfriamento evaporativo e Massa Térmica para resfriamento / b) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)	a) Aquecimento solar da edificação / b) Vedações internas pesadas (inércia térmica)	Médias 15% < A < 25%	Sombrear aberturas	<input type="checkbox"/> 2,20 (Parede pesada)	<input type="checkbox"/> 6,5	<input type="checkbox"/> 3,5	<input type="checkbox"/> 2,00 (Leve isolada)	<input type="checkbox"/> 3,3	<input type="checkbox"/> 6,5
<b>5</b>	a) Ventilação cruzada	a) Vedações internas pesadas (inércia térmica)	Médias 15% < A < 25%	Sombrear aberturas	<input type="checkbox"/> 3,60 (Parede leve refletora)	<input type="checkbox"/> 4,3	<input type="checkbox"/> 4,0	<input type="checkbox"/> 2,00 (Leve isolada)	<input type="checkbox"/> 3,3	<input type="checkbox"/> 6,5
<b>6</b>	a) Resfriamento evaporativo e Massa Térmica para resfriamento / b) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)	a) Vedações internas pesadas (inércia térmica)	Médias 15% < A < 25%	Sombrear aberturas	<input type="checkbox"/> 2,20 (Parede pesada)	<input type="checkbox"/> 6,5	<input type="checkbox"/> 3,5	<input type="checkbox"/> 2,00 (Leve isolada)	<input type="checkbox"/> 3,3	<input type="checkbox"/> 6,5
<b>7</b>	a) Resfriamento evaporativo e Massa Térmica para resfriamento / b) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)		Pequenas 10% < A < 15%	Sombrear aberturas	<input type="checkbox"/> 2,20 (Parede pesada)	<input type="checkbox"/> 6,5	<input type="checkbox"/> 3,5	<input type="checkbox"/> 2,00 (Pesada)	<input type="checkbox"/> 6,5	<input type="checkbox"/> 6,5
<b>8</b>	a) Ventilação cruzada permanente. OBS: O condicionamento passivo será insuficiente durante as horas mais quentes.		Grandes A > 40%	Sombrear aberturas	<input type="checkbox"/> 3,60 (Parede leve refletora)	<input type="checkbox"/> 4,3	<input type="checkbox"/> 4,0	<input type="checkbox"/> 2,30 FT (Leve refletora)	<input type="checkbox"/> 3,3	<input type="checkbox"/> 6,5

Procurar desenvolver projetos mais sustentáveis implica na preocupação em baixar os índices energéticos existentes nas edificações. Sustentabilidade não é somente a preservação dos recursos naturais; ela depende das ações do dia a dia, seja por intermédio do consumo, seja, por meio da produção. Quando se fala de sustentabilidade em edificações, o maior desafio está na capacidade que os seus responsáveis têm de poder transformar a construção e/ou o ambiente em polos de desenvolvimentos com soluções adequadas pontuadas para cada empreendimento específico.

Em 2001, foi iniciada a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia com a lei n. 10.295 de 27/10/2001, a qual estabelece que todos os equipamentos e edificações devem respeitar níveis mínimos de eficiência. Com essa lei foram motivados os primeiros debates sobre a temática eficiência energética em edificações no Brasil.

Em 2008, foi elaborada, pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, por meio do convênio com a Eletrobrás no âmbito do programa Procel, a Regulamentação para Etiquetagem Voluntária do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais e de Serviços Públicos, que passará a vigorar, com obrigatoriedade em 2012. Seu objetivo é criar condições para a Etiquetagem Voluntária do nível de eficiência energética de edifícios comerciais e de serviços e públicos. Essa regulamentação inclui três requisitos principais: desempenho térmico da envoltória, eficiência e potência instalada do sistema de iluminação e eficiência do sistema de condicionamento do ar. Para a classificação do sistema de condicionamento de ar, o nível de eficiência energética pode ser estabelecido para um pavimento ou um conjunto de salas. Esse regulamento aplica-se para edifícios com área total útil mínima de 500 m<sup>2</sup> e/ou com tensão de abastecimento igual ou superior a 2,3 kV (subgrupos A1, A2, A3, A3a, A4 e AS), incluindo edifícios condicionados, parcialmente condicionados e não condicionados.

Na Regulamentação de Etiquetagem Voluntária do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais e de Serviços Públicos, estão inseridas, as edificações parcialmente ou não condicionadas. Essas edificações são pontuadas como aquelas em que, de alguma forma, a estratégia arquitetônica passiva de ventilação foi prevista para se obter, voluntaria ou involuntariamente, melhores resultados energeticamente.

Triana e Lamberts (2007) estudaram em profundidade diversas metodologias de avaliação de edificações internacionais dentre aquelas de maior relevância na atualidade: LEED Homes (USGBC, 2005), Casbee (IBEC, 2004), Green Star (GBCAUS, 2005), Gb Tool (IISBE, 2005), HQE (CSTB, 2004), Ecohomes (BREEAM, 2002) e H&E (CERQUAL, 2005). Esse estudo resultou em uma tabela de “Síntese de critérios de eficiência energética presentes nas principais metodologias de avaliação ambiental de edificações aplicáveis ao setor residencial” e que está apresentada na Tabela 2.4.

**Tabela 2.4:** Síntese de critérios de eficiência energética presentes nas principais metodologias de avaliação ambiental de edificações aplicáveis ao setor residencial.

Fonte: (TRIANA e LAMBERTS, 2007).

Crítérios	Eco Homes	Green Star	LEED-H	CAS-BEE	GB Tool	HQE	H&E
Melhoria no desempenho Energético da edificação			(1)			(2)	
Uso de energias renováveis							
Uso de critérios de conforto térmico (T, Umidade) Conforto Higrotérmico*						(*)	
Otimização da iluminação natural/Medidas anti-ofuscamento/Conforto visual*	(9)					(*)	
Uso de iluminação eficiente/Conforto visual*	(10)	(11)		(3)		(*)	
Eficiência da envolvente/isolamento térmico eficiente				(4)			
<b>Uso de ventilação natural e/ou Manter taxas adequadas de ventilação / conforto olfativo *</b>			(5)			(*)	
Uso de produtos com ecoselo (eletrodomésticos)							
Evitar poluição de luz devido à iluminação exterior							
Fazer comissionamento da edificação.			(6)				
Uso de materiais relacionados à eficiência energética que não afetem a camada de ozônio	(7)		(8)				
Acesso vistas a partir das principais áreas de ocupação							
<b>Conforto acústico</b>							
Fornecimento de local para secagem de roupas							
Redução na demanda do pico de energia							
Incentivo ao transporte público e alternativo (bicicletários) (redução no consumo de energia no transporte)							
Diminuição da produção de CO2 devido ao consumo de energia							
Fornecimento no projeto de espaço para trabalho em casa (redução no consumo de energia no transporte)							
Incentivo a assentamentos com atrações locais (diminuição de percursos em carro)							
Redução do efeito de ilha de calor							
Otimizar desempenho energético das janelas							
Conscientização do usuário							

(Continua)

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados*

(Continuação)

Prever manutenção do desempenho da edificação * em condições anormais						(*)	
Usar paisagismo como redutor do ganho térmico/áreas externas para lazer							

1. Usa como parâmetro o selo Energy Star; 2. Através da implantação, janelas, volumetria, desempenho térmico dos materiais, aproveitamento do sol, proteções solares; 3. Refere-se a nível de iluminância; 4. Refere-se à redução da carga térmica; 5. Refere-se à ventilação de gases de combustão; 6. Para construções maiores de 500 m<sup>2</sup>; 7. Refere-se a isolantes que não contenham HCFC e boilers com baixo nível de Lux; 8. Uso de refrigerantes que não afetem a camada de ozônio; 9. Não considera medidas anti-fulcamento; 10. Refere-se à iluminação exterior; 11. Refere-se à iluminação por zonas com níveis menores de iluminância.

Com base nesses critérios levantados de eficiência energética presente nas principais metodologias de avaliação ambiental de edificações aplicáveis ao setor residencial foi proposto por Triana e Lamberts (2007), uma nova avaliação na categoria: Energia. Esta foi dividida em várias “subcategorias”, as quais centralizam o foco em requisitos de desempenho térmico e diretrizes bioclimáticas, ligados aos seus respectivos indicadores. Os requisitos de desempenhos estabelecidos procuraram garantir um adequado desempenho térmico da edificação, compatível com as diretrizes para as diferentes zonas bioclimáticas do país, definidas na NBR 15.220 - Parte 3 (NBR 15.220, 2005).

Na tabela 2.5, destinada à subcategoria “Desempenho térmico e diretrizes bioclimáticas” (TRIANA e LAMBERTS, 2007), observam-se fatores direcionados para o conforto térmico. Os requisitos de desempenho estão correlacionados, indiretamente, aos efeitos acústicos nas residências, quando retrata as aberturas adequadas para ventilação. Nessa situação, o favorecimento da ventilação natural, por meio do projeto, merece os cuidados denominados acústicos não estabelecidos nessa norma.

Os requisitos mencionados acima merecem atenções acústicas especiais, objetivando o incentivo aos projetos das edificações com estratégias bioclimáticas. Os valores acústicos devem estar agregados ao projeto arquitetônico, pois podem ser um dos grandes aliados para a melhoria da situação atual mundial no que se refere aos problemas ambientais. O peitoril ventilado, por ser uma forma de desenho com base em critérios definidos de eficiência energética, já que incentiva a ventilação natural, quando bem aplicados, pode agregar valores aos custos das decisões acústicas e energéticas, previamente estabelecidas, desde o início do projeto, sem que valores financeiros possam ser acrescidos após sua aplicabilidade. A não observância de princípios acústicos pode comprometer a utilização efetiva, por exemplo da ventilação natural.

**Tabela 2.5:** Categoria: Energia. Subcategoria: Desempenho térmico e diretrizes bioclimáticas. Fonte: (TRIANA e LAMBERTS, 2007)

SUBCATEGORIA	REQUISITOS DE DESEMPENHO	INDICADOR
DESEMPENHO TÉRMICO E DIRETRIZES BIOCLIMÁTICAS	Aberturas adequadas para ventilação	% da área de ventilação em relação à área de piso do ambiente
		Favorecimento da ventilação natural por meio do projeto
	Sombreamento das aberturas	Nível de uso de elementos de controle de ganho solar para as janelas
	Desempenho térmico das paredes	U (transmitância) das paredes
		C (Capacidade Térmica) das paredes
		FS <sub>o</sub> (Fator solar) das paredes
	Desempenho Térmico da cobertura	Desempenho de coberturas quanto à U (transmitância) térmica das superfícies externas.
		Desempenho de coberturas quanto à absorvância das superfícies externas.
		FS <sub>o</sub> (Fator solar) para a cobertura.
		% de teto ou terraço jardim usado na cobertura
Desempenho das janelas frente à infiltração e vedação	Uso de janelas em conformidade com as normas, considerando a classe de uso por região	

### 2.3 Considerações de normas de desempenho: Compatibilização das condições térmicas, energéticas e acústicas

Nos últimos anos, a crescente preocupação com a eficiência energética fez com que iniciassem os primeiros projetos de regulamentação com esse fim. As regulamentações e normas descritas abaixo merecem ser ressaltadas uma vez que sua aplicabilidade pode indiretamente beneficiar ou comprometer a edificação acusticamente. Portanto, o seu conhecimento torna-se uma ferramenta importante nas decisões acústicas do projeto.

- Regulamentação para Etiquetagem de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais e Públicos (2008). Versão aprovada, em fevereiro de 2008 pela Secretaria Técnica do GT Edificações (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2008). Essa

Regulamentação é de caráter voluntário para edificações novas e existentes e passará a ter caráter obrigatório para edificações novas, no prazo máximo de cinco anos, a partir de sua data em vigor (isto é, 2013). Os edifícios submetidos a esta regulamentação devem atender a todas as normas da ABNT vigentes e aplicáveis. O objetivo é criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos. Apesar de não ser uma norma direcionada para acústica das edificações, é citada porque a fachada em estudo merece cuidados em relação à abertura com peitoril ventilado, onde o uso deste recurso passivo pode direcionar uma diminuição energética. No seu parágrafo 6.2.2, direcionado para edifícios naturalmente ventilados ou não condicionados, ela cita que as aberturas podem acarretar um impacto sonoro nas edificações e na documentação a ser apresentada para a etiquetagem. Deve-se especificar qual a hipótese de conforto adotada (ASHRAE 55, ISO 7730, etc...), bem como atender as normas da ABNT de conforto acústico vigentes.

- NBR 15.220 Parte 3 - Norma Brasileira de Desempenho Térmico para Edificações (2005), publicada, em maio de 2005, pela ABNT, com recomendações para estratégias de projeto passivo, procurando atender e abranger as diferentes regiões climáticas no Brasil. Na parte 3 dessa norma, é estabelecido um Zoneamento Bioclimático Brasileiro onde se recomendam diretrizes construtivas, relacionando estratégias de projeto térmico passivo e orientações sobre as aberturas em relação ao seu tamanho e sombreamento necessário. Essa norma foi citada, porque este trabalho visa adequar o desempenho acústico das diferentes tipologias de peitoris ventilados com conceitos bioclimáticos de ventilação, eficiência energética e acústica.
- NBR 15575 – Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos (2008). Aprovada em 12 de maio de 2008, entrou em vigor após dois anos de publicada, isto é, em maio de 2010. Essa norma estabelece os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam ao edifício habitacional de até cinco pavimentos, como um todo integrado, e que pode ser avaliado de forma isolada para um ou mais sistemas. É composta de seis itens: requisitos gerais, estruturais, pisos internos, vedações, coberturas e hidrossanitários. No item 12 de suas partes, cita o desempenho acústico

visando promover o conforto acústico a seus ocupantes. O edifício habitacional deve apresentar adequado isolamento acústico das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da habitação e adequado isolamento acústico entre ambientes. Referencia as normas brasileiras NBR 10151 (2000) e NBR 10152 (1987) para estabelecer o nível de ruído de fundo do local de implantação da obra. O item medições tem como base as normas ISO 140-3 (1995), ISO 140-4 (1998), ISO 140-5 (1998) e a ISO 10052, normas internacionais de procedimentos de medição de isolamento sonoro. No método de avaliação, estabelece um nível mínimo de aceitação (M) de desempenho para as edificações, relacionando-o a critério de campo e de ensaio de laboratório, respectivamente denominados de “Diferença Padronizada de Nível Ponderada entre Ambientes ( $D_{nt, w}$ )” e “Índice de Redução Sonora Ponderada ( $R_w$ )”.

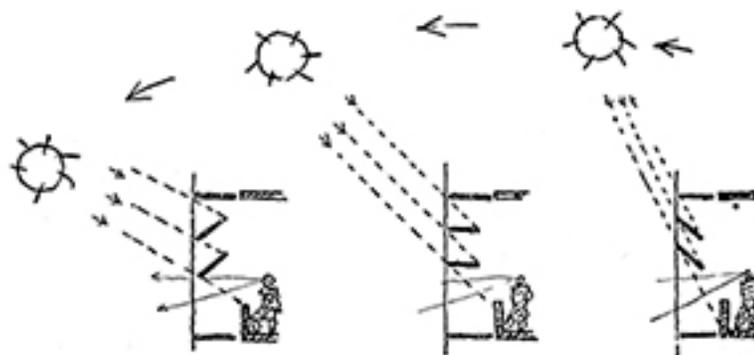
## 2.4 Adequação da arquitetura ao clima: outros elementos arquitetônicos

As características urbanísticas e arquitetônicas apresentadas no período colonial, como ruas estreitas, moradias com amplos beirais e generosas varandas foram elementos muito bem aplicados, naquele momento da arquitetura, no combate ao calor e insolação.

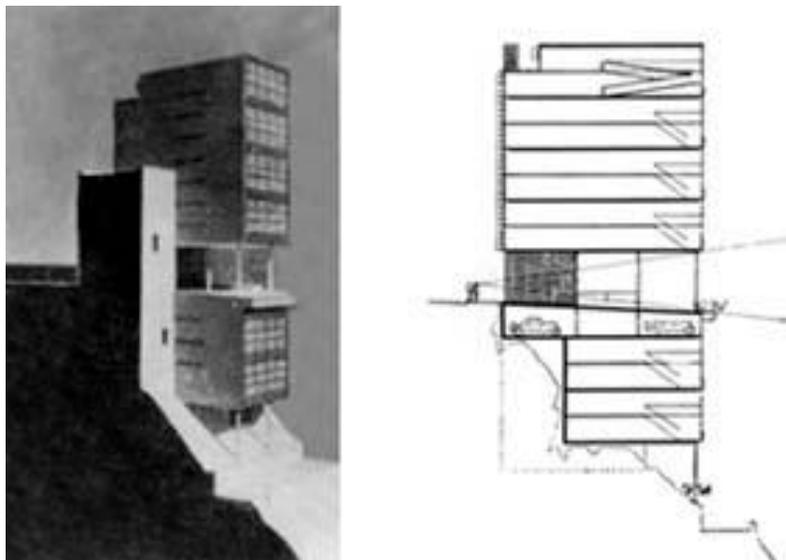
Com o surgimento da Arquitetura Moderna, gerou-se, no Brasil, uma verdadeira Revolução de princípios absolutamente opostos, entre os quais é evidenciada a presença das aberturas dos edifícios para o exterior, visando trazer melhorias na penetração do ar, da luz e da natureza. A aplicação dessa teoria acarretou uma maior preocupação das questões da obra arquitetônica integrada ao clima, e assim vários elementos arquitetônicos foram introduzidos com o objetivo de se combater o calor e a insolação excessiva.

O surgimento do “*brise-soleil*” (Figura 2.17), idealizado por Le Corbusier, no projeto de Urbanização de Argel (1930-1934) (Figura 2.18), foi materializado por arquitetos brasileiros mediante de estudos efetuados sobre o movimento do sol nas várias estações e nas diversas latitudes, cujas regras variavam conforme a orientação das fachadas. A riqueza e variação deste

elemento (brise-soleil), fazendo parte das fachadas, transformaram-se em expressão plástica, como marca forte da Arquitetura Moderna Brasileira (Figuras 2.19, 2.20, 2.21 e 2.22). Esse princípio de proteção das novas edificações continuou e foi evidenciado, cada vez mais, com a presença de veneziana, persianas e outros tipos de postigo, utilizando-se de novas técnicas construtivas as quais deram um toque especial e inovador às fachadas.



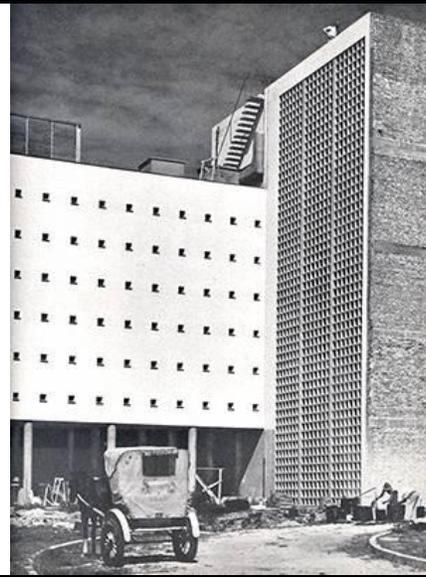
**Figura 2.17:** Esquema dos brise-soleil móveis do Ministério da Educação, Lúcio Costa e equipe, 1936-42. Fonte: *Brasil Builds*, de Philip Goodwin, 1943. Acesso em 05/02/2009, (PORTAL VITRUVIUS, ARQUITEXTOS-072, maio 2006, [http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072\\_02.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_02.asp) ).



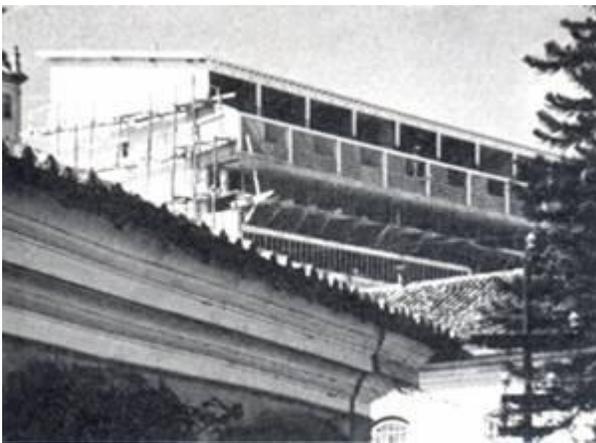
**Figura 2.18:** Le Corbusier, Edifícios para alugar em Argel, Projeto Ponsik, 1933. Fonte: acesso em 05/02/2009, (PORTAL VITRUVIUS, ARQUITEXTOS-062, julho 2005, <http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp318.asp>)



**Figura 2.19:** Brise-soleil do Instituto Vital Brasil, em Niterói, Álvaro Vital Brazil e Ademar Marinho, 1942. Fonte: *Brasil Builds*, de Philip Goodwin, 1943. Acesso em 05/02/2009, (PORTAL VITRUVIUS, ARQUITEXTOS-072, maio 2006, [http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072\\_02.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_02.asp) ).



**Figura 2.20:** Brise-soleil do Instituto Vital Brasil, em Niterói, Álvaro Vital Brazil e Ademar Marinho, 1942. Fonte: *Brasil Builds*, de Philip Goodwin, 1943. Acesso em 05/02/2009, (PORTAL VITRUVIUS, ARQUITEXTOS-072, maio 2006, [http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072\\_02.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_02.asp) ).



**Figura 2.21:** Brise-soleil do Grande Hotel de Ouro Preto, Oscar Niemeyer, 1940. Fonte: *Brasil Builds*, de Philip Goodwin, 1943. Acesso em 05/02/2009, (PORTAL VITRUVIUS, ARQUITEXTOS-072, maio 2006, [http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072\\_02.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_02.asp) ).



**Figura 2.22:** Brise-soleil da Associação Brasileira de Imprensa, Irmãos Roberto, 1936. Fonte: *Brasil Builds*, de Philip Goodwin, 1943. Acesso em 05/02/2009, (PORTAL VITRUVIUS, ARQUITEXTOS-072, maio 2006, [http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072\\_02.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_02.asp) ).

No início da Arquitetura Moderna, a circulação do ar já era uma preocupação a ser incorporada na edificação, pois se tinha conhecimento, deste então, que nenhum dos problemas de adequação da edificação ao calor e à insolação excessiva poderia ser tratado isoladamente sem a preocupação da ventilação cruzada. As buscas de estratégias de projeto que promovessem as correntes de ar necessitavam ser cuidadosamente estudadas, de maneira que pudessem atravessar o edifício de ponta a ponta, sem criar qualquer desconforto para os que nele viviam ou trabalhassem. Com esse pensamento foram apresentados alguns resultados como paredes que não iriam até o teto, eram as paredes divisórias implantadas até certa altura, solução bastante utilizada, principalmente em escritórios. O prédio sobre pilotis foi, naquele momento, outro princípio utilizado pelos arquitetos brasileiros com a preocupação de garantir a livre circulação do ar.

Segundo Bruand (1981), os procedimentos naturais de combate ao calor e ao excesso de insolação são os mais importantes, porque, além de terem sido empregados com maior frequência, contribuíram para assegurar caráter próprio à Arquitetura Moderna Brasileira, diferenciando-a assim da arquitetura de outros países.

Segundo Amorim (2001), a necessidade de adequar a nova arquitetura às peculiaridades do clima quente úmido foi introduzida no Nordeste pelo arquiteto Luis Nunes. Nos projetos desse arquiteto, iniciou-se o uso de blocos de cimento de 50cm por 50cm, com 10cm de espessura, denominado “cobogó”. Cobogó são elementos vazados com numerosos pequenos orifícios retangulares (Figura 2.23), projetados para proteger do sol e da chuva, mas possibilitando a passagem do ar e promovendo uma ventilação constante, exigida pelo calor permanente da região, no caso a 9º de latitude sul.



**Figura 2.23:** Exemplos de cobogós existentes ainda hoje no mercado. Fonte: <http://www.imprelaje.com.br/?area=combogo>

A primeira obra em que é identificado o “cobogó” é o Prédio da Caixa D’água do Alto da Sé, em Olinda (1934) (Figura 2.24). Essa edificação foi considerada a criação mais notável pela utilização do elemento vazado “cobogós” no estado bruto, como “*brise-soleil elementar*”, os quais constituíram, segundo Bruand (1981), uma espécie de anteparos transparentes, assegurando uma boa ventilação e, em certos casos, uma proteção adequada contra os elementos naturais.



**Figura 2.24:** Castelo D’água dos arquitetos Luiz Nunes e Fernando Saturnino de Brito. 1937, Olinda- PE, 1937. Fonte: (MINDLIM 1999).

O cobogó foi inventado em Recife, com patente registrada em 1929 e tem esse nome pelas iniciais de seus inventores, os engenheiros Amadeu Oliveira Coimbra, Ernest August Boeckmann e Antonio Góis. Aurélio Buarque de Hollanda registra, em seu compêndio, o nome “cobogó” para referenciar elementos vazados empregados na construção. Os “cobogós” em estado bruto ainda são frequentemente usados em Pernambuco e no Nordeste, servindo para fechamento de galerias de circulação, pátios e dependências em geral (Figura 2.25 a 2.30). É neles que se encontra a origem do “*brise-soleil*”, fixado em caixilhos metálicos que, a seguir, foram empregados com considerável frequência na arquitetura moderna brasileira.



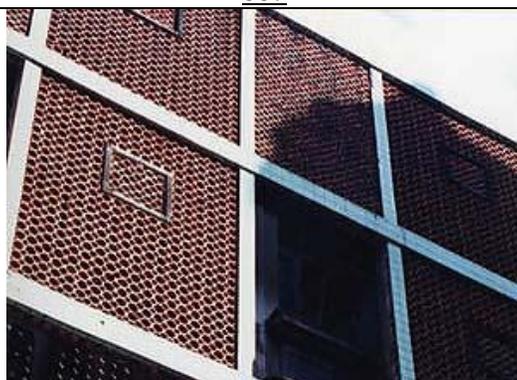
**Figura 2.25:** Exemplo de aplicação de cobogó.  
Vista interna. Fonte:

<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=509007>



**Figura 2.26:** Exemplo de aplicação de cobogó.  
Varandas. Fonte:

<http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=509007>



**Figura 2.27:** Exemplo de aplicação de cobogó.  
Fachadas. Fonte:

<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arc000/esp018.asp>



**Figura 2.28:** Exemplo de aplicação de cobogó.  
Fachadas. Fonte:

[http://flickr.com/photos/a\\_este/2664657319/](http://flickr.com/photos/a_este/2664657319/)

(Continua)

(Continuação)



**Figura 2.29:** Exemplo de aplicação de cobogó. Pátios Internos. Fonte: <http://www.arq.ufsc.br/~labcon/arq5661/Aberturas3/janelas6.html>



**Figura 2.30:** Exemplo de aplicação de cobogó. Corredores. Fonte: <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=509007>

## 2.5 Custos das decisões acústicas

Os problemas decorrentes do desenvolvimento e crescimento das cidades brasileiras, nas últimas décadas, trouxeram consigo preocupações em relação à qualidade de vida das pessoas residentes nos grandes centros. Vários desses problemas estão vinculados e relacionados a diferentes aspectos, entre eles: aumento do número de veículos em circulação nas cidades, existência de novos empreendimentos imobiliários, surgimento das mais variadas atividades desenvolvidas na circunvizinhança e introdução e uso de máquinas e equipamentos nos espaços urbanos. Todos esses aspectos passaram a ser foco de investigação nos meios científicos internacionais, já que os problemas correlacionados eram convergidos para a problemática denominada “poluição sonora”.

Um dos grandes desafios deste século XXI é o combate ao ruído nos seus mais diferentes aspectos, já que se necessita de maiores informações, em se tratando dos efeitos do ruído sobre os seres humanos, da relação dose/resposta, como também da inexistência de critérios e condutas a serem seguidas. Investigações diversas são necessárias para responder às perguntas: como deve

ser avaliado o ruído, quais as suas características, qual o seu efeito nos seres humanos, como combatê-los por meio da arquitetura e urbanismo, utilizando-se de estratégias sustentáveis, como conciliar ruído e eficiência energética e muitas outras considerações. Em comparação com outros poluentes, comenta-se no “Guidelines for Community Noise” (BERGLUND, LINDVALL e SCHWELA, 1995), que a poluição sonora é um problema com soluções de custos elevados para os países desenvolvidos, devido ao planejamento desordenado das cidades e às construções acusticamente ineficientes das edificações. Os efeitos do ruído são generalizados como, da mesma forma, são as consequências para a saúde do homem. Nessa perspectiva, pode-se perceber que as ações para o controle do ruído ambiental têm que ser mais concretas e efetivas.

As ações para combater o impacto do ruído nas pessoas necessitam da busca incessante de decisões em variadas áreas e setores. Os esforços devem estar nas soluções junto ao planejamento das cidades, como também na estruturação dos equipamentos de uso das edificações. Para elaboração de normas e estratégias de ruído, segundo a Organização Mundial de Saúde (BERGLUND, LINDVALL e SCHWELA, 1995), duas abordagens diferentes para a tomada de decisões podem ser aplicadas. A primeira abordagem das decisões podem ser baseadas simplesmente na saúde, cultura e meio ambiente, com pouco peso para a eficiência econômica. Essa abordagem tem o objetivo de reduzir o risco de efeitos adversos do ruído para um nível socialmente aceitável. A segunda abordagem é baseada em uma relação custo-eficácia formal, ou análise custo-benefício. O objetivo é identificar ações que consigam controlar os maiores benefícios econômicos líquidos, ou seja, economicamente mais eficiente. Portanto, as elaborações das normas direcionadas ao impacto acústico nas comunidades deverão estar fundamentadas nesses pensamentos extremos com a certeza de que a justiça social foi assegurada para todos os envolvidos e que essas normas estejam constituídas de informações científicas suficientes.

A problemática de combate e controle ao ruído direciona a vários pensamentos e questionamentos divergentes, dentre eles deve ser destacado o pensamento de como deve-se amenizar o ruído ambiental, promovendo uma arquitetura sustentável, na qual haja uma integração e harmonia com o meio ambiente. Esses princípios nossos ancestrais souberam tão bem implantar no passado por intermédio de uma arquitetura bioclimática, a qual busca a ligação entre o clima, o homem e o habitat.

Historicamente, essa integração entre clima, homem e habitat foi inicialmente mencionada por Vitruvius (2006), escrito em 110 AC. No seu tratado, relata a preocupação que se deve ter da adequação da edificação ao clima, citando que os edifícios ficarão corretamente dispostos se, desde o início, se tiver presente, em que zonas e em que latitude é construída. Seus pensamentos vão mais além com outras preocupações, relacionando cuidados que se deve ter na escolha de lugares com uma boa acústica, citando: “Sendo tudo sido realizado com o máximo cuidado e engenho, convém ser ainda mais diligente em se prestar atenção, para que se escolha um lugar onde a voz se transmita suavemente e não apresente repercussões, fazendo ecoar sons incertos aos ouvidos”.

De acordo com a Fundação Europeia para a Melhoria das Condições de Vida, citado em Forte (2007), qualidade de vida pode ser caracterizada pelo grau de necessidades de as pessoas estarem satisfeitas. Com isso, pode-se dizer que habitações espaçosas e ajustadas dentro de padrões e condições técnicas necessárias são importantes acessórios para o conforto e satisfação. Todos esses aspectos não podem estar isolados, pois o ambiente local também desempenha um papel vital para a satisfação e melhoria da qualidade de vida. Três aspectos são descritos como críticos para se poder avaliar a capacidade de interesse e adequação de um ambiente local: características ecológicas medidas em termos de qualidade da água e do ar, nível de ruído; acesso a áreas verdes, reciclagem, sustentabilidade, segurança pessoal (baixa criminalidade) e, finalizando, acessibilidade dos locais à infra-estrutura (estradas, lojas, escolas e outros). A carência em qualquer um desses três setores e o seu efeito cumulativo podem atuar como uma influência negativa sobre o bem-estar e saúde dos habitantes.

O ruído por ser um dos principais causadores do agravamento da qualidade de vida das pessoas nos grandes centros, em todo o mundo, representa, dessa forma, um campo de grandes dimensões econômicas na busca de saídas que orientem as políticas urbanas a concretizar e investir em soluções que possam satisfazer aos padrões acústicos existentes. O custo do ruído ainda é um campo pouco explorado no Brasil e no Mundo. Sabe-se que, após a Segunda Grande Guerra Mundial, as cidades passaram por grandes transformações quando a ciência e a tecnologia foram incorporadas e utilizadas como valor agregado para favorecimento do homem, estimulando-se uma rápida urbanização das cidades, acarretando o êxodo rural em favorecimento das áreas urbanas.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2003), nos últimos 15 anos, em se tratando de desenvolvimento brasileiro nos centros urbanos, existiu um aumento considerável, quando os índices de urbanização passaram de 26.35% em 1950 para 81.2% em 2000. Segundo Nardi e Viveiros (2007), o crescimento das cidades foi resultado da criação de uma rede urbana e também da expansão dos sistemas de comunicação e dos transportes, que foram essenciais para o estabelecimento da integração econômica e da concentração das indústrias e dos serviços. As concentrações espaciais das atividades econômicas e das populações motivaram a explosão demográfica nas grandes cidades, quando muitas foram transformadas em verdadeiras metrópoles. Essa explosão atingiu seu ponto culminante em 1970 e daí, logo em seguida, as autoridades verificaram a necessidade de iniciar uma descentralização da economia, já que se iniciavam as contradições urbanas, em que os benefícios do desenvolvimento das cidades traziam consigo algumas desvantagens e, entre elas, problemas relacionados à poluição sonora.

Pelo fato de a poluição sonora ser um dos fatores causadores da diminuição da qualidade de vida das pessoas, o objetivo das gestões públicas e privadas do ruído deveria ser no sentido de manter as cidades em níveis baixos de exposição ao ruído, para que a saúde e o bem-estar destas pessoas sejam protegidos. Para atendimento desse objetivo, alguns critérios foram desenvolvidos a fim de se conhecer níveis seguros da exposição ao ruído e, com isso, promover gestões e controle do ruído como parte integrada a programas de saúde. Segundo Berglund, Lindvall e Schwela (1997), em pesquisas relativamente recentes, o nível equivalente de ruído (Leq) de 65 dB(A) é considerado o limiar de conforto acústico para a medicina preventiva, estabelecendo uma associação entre ruído urbano e seus efeitos no organismo humano. Segundo citação em Paz, Ferreira e Zannin (2005), a exposição contínua a valores acima desse limite, independentemente da idade, pode causar distúrbios psico-fisiológicos diversos, tais como: distúrbios no sono, diminuição do desempenho laboral, hipertensão, como também agravamento de doenças cardiovasculares.

Para compreender os limites das reações fisiológicas correlacionadas com níveis de ruído ambiente, Pimentel-Souza (2000) classificou os níveis de ruído dos ambientes em três categorias: ambiente acústico salubre, onde estão inseridos o limite da qualidade do sono (30 dB(A)) e o limite do conforto acústico (50 dB(A)); ambiente acústico tolerável que compreende o

início do estresse leve (55 dB(A)) ; e ambiente acústico insalubre, relacionados aos níveis de ruído que podem acarretar um início a danos auditivos (70 dB(A)). Para maiores esclarecimentos, os ambientes considerados toleráveis seriam aqueles em que os índices de ruído estivessem na transição entre o nível da fala civilizada e educada que seriam entre 55 a 65 dB(A). A explicação para essa tolerância é porque ambientes com índices acima desses valores inicia-se em um estágio do caos sonoro e o ouvinte entra em distúrbios de atenção e de concentração. Para se obter uma inteligibilidade da fala de 100% das palavras fáceis mencionadas no ambiente, necessita-se de um nível sonoro da voz de, no mínimo, 10 dB acima do ruído de fundo, para que as cordas vocais não sejam prejudicadas por conta de um ambiente muito barulhento.

No Brasil, as gestões de combate ao ruído ainda têm um longo caminho a ser percorrido devido a poucas pesquisas nessa área. Na literatura, encontramos, na cidade de Curitiba-PR, pesquisas desenvolvidas com o objetivo de analisar a percepção ao ruído urbano no cotidiano dos habitantes de duas zonas distintas, uma controlada (bairro) e outra não controlada (centro) (PAZ, FERREIRA e ZANNIN, 2005). Também encontramos pesquisas que mostram as reações de incômodo sofridas pela população frente ao ruído urbano. Na primeira, buscou-se caracterizar e, identificar o nível de esclarecimento da população em relação ao ruído urbano e, posteriormente, analisar o nível de incômodo devido ao ruído. Os resultados dos questionários demonstraram que 95,5% da população do centro e 98% da população do bairro acreditam que o ruído pode causar prejuízos em relação à saúde. Isso evidencia que a população está ciente dos prejuízos advindos da exposição ao ruído urbano. Na segunda pesquisa (ZANNIN, DINIZ e BARBOSA, 2002), na análise do nível de incômodo do ruído, foi encontrado que 76% da população investigada, de alguma forma, se sentem incomodados pelo ruído urbano e, dentro desse grupo geral pesquisado, 60% da população afirmaram que o ruído na rua em que moravam havia aumentado nos últimos tempos. Esse fato foi contraditado na avaliação, pois observou-se que houve uma redução dos níveis sonoros na cidade em relação a pesquisas anteriores quando os níveis sonoros baixaram de 93,4% para 80,6% dos pontos medidos com índices sonoros acima de 65 dB(A). Essa amostragem brasileira evidencia que os índices sonoros nas cidades estão acima dos recomendados, como também esclarece que a população sente-se incomodada com os elevados índices de ruído urbano encontrados. Dessa forma, estratégias na gestão pública como também nos projetos de arquitetura devem ser priorizadas para a melhoria da qualidade de vida.

Pesquisas da União Européia, levantadas pela Organização Mundial de Saúde (BERGLAND, LINDVALL e SCHWELA, 1995), revelaram que 40% da população está exposta a ruídos de tráfego durante o dia com o níveis de pressão sonora da ordem de 55 dB(A) e 20% da população expostos a níveis acima de 65 dB(A). A estimativa da exposição, integrando todos os ruídos dos diferentes meios de transportes é de que 50% dos cidadãos europeus moram em áreas que não asseguram conforto acústico aos residentes. Durante o período noturno, mais de 30% da população está exposta a níveis de pressão sonora acima de 55 dB(A), os quais trazem grande prejuízo à vigília do sono.

As decisões oriundas das técnicas de projeto, ao serem analisadas, são relacionadas a custos específicos de implantação. Destacando a elaboração dos custos das decisões acústicas no projeto, estes podem também trazer efeitos negativos aos serviços profissionais (custos de trabalho) quando necessitam de energias dobradas, para implantação de estratégias complexas para atingir metas que consigam conciliar e promover maiores benefícios e satisfação aos usuários. O projeto arquitetônico necessita ser viável nos seus mais diferentes aspectos: sobre os serviços profissionais (custos de trabalho) e sobre o valor de mercado dos edifícios localizados em zonas particularmente ruidosas (valor de mercado).

Estudos relatados pela Europires (Instituto de Estudos Políticos, Econômicas e Sociais sem fins lucrativos) em 2004, segundo Forte (2007), revelaram que, na Itália, os custos globais de ruído, diretos e indiretos, foram da ordem dos 20 milhões de euros/ano. Esses gastos correspondem, a aproximadamente, 1,5 % do PIB (Produto Interno Bruto) e os gastos sanitários diretos causados por danos considerados acusticamente insalubres representaram custos da ordem de cerca de 35 milhões de dias de trabalho perdidos. Observa-se assim que o ruído constitui um exemplo típico de aspecto externo negativo e seu valor econômico pode ser medido através de uma variedade de técnicas de avaliação com base no conceito de disponibilidade para pagar ou vontade de aceitar uma compensação.

Segundo Forte (2007), vários fatores que são avaliados na apreciação do processo como "pontos de mérito", podem afetar o valor de mercado de um imóvel residencial. Os principais fatores considerados são:

- Características externas: condições externas do edifício que podem influenciar no valor no imóvel onde dentre outros aspectos, a qualificação ambiental está inserida;
- Características internas: São aspectos relacionados com a qualidade panorâmica, exposição, qualidade da construção e eficiência energética;
- Características tecnológicas: aspectos que refletem os níveis de guarnições, soluções de projeto para reduzir o ruído acústico e as qualidades das molduras internas e externas, entre outros. Geralmente, um edifício com soluções que garantam um elevado nível acústico representa um aumento dos custos da construção que variam de 5% para 10% em direção à solução das edificações em que o problema de ruído não é resolvido;
- Produtividade: Este item está relacionado à capacidade que a edificação tem em produzir rendimentos, como isenção fiscal, e outros.

Segundo Forte (2007) na avaliação do imóvel por “pontos por mérito”, o procedimento consiste em comparar as características específicas do objeto de apreciação do imóvel com o nível ótimo de características análogas relacionadas com edifícios que já foram avaliados com o valor máximo de mercado. O valor pesquisado é deduzido por um exame comparativo que destaca os diferentes aspectos do edifício, por meio da aplicação de algum coeficiente (K) que pode ser visto como o exemplo na Tabela 2.6. Com essa avaliação, denominada “*pontos por méritos*”, o projeto ou edificação avaliada pode ser diagnosticada e assim ser estabelecido o seu coeficiente em relação as suas reais condições no combate ao ruído.

**Tabela 2.6:** O procedimento de apreciação “*pontos por mérito*”.Fonte: (FORTE, 2007)

Características (K)	K max	K min	K max - K min
Externa	0,35	0,05	0,30
Interna	0,25	0,05	0,20
Tecnológica	0,30	0,10	0,20
Produtividade	0,10	0,05	0,05
<b>K max</b>	1,00	0,25	-

Forte (2007) vai ainda mais longe, relacionando a depreciação do imóvel por consequência dos problemas oriundos do ruído. Na utilização do método de preços hedônicos do

imóvel, mostrou que é possível calcular o Índice de Sensibilidade de Amortecimento do Ruído (Noise Depreciation Sensitivity Index – NDSI) que prevê a variação média (em %) dos valores dos imóveis para o aumento ou diminuição de um dB(A). Estudos realizados na Itália (Tabela 2.7) sublinham a incidência do ruído sobre o mercado imobiliário, estimado em termos de depreciação dos valores de mercado. Estes valores estabelecem a depreciação do imóvel em relação ao tipo de ruído, recebido conforme a área onde os imóveis estão inseridos, representando uma variação na depreciação, por conta dos ruídos externos, de 10 a 40%, valores considerados bem significativos, os quais exigem uma maior atenção na estratégia do projeto arquitetônico no ato da sua implantação, de acordo com sua localização.

**Tabela 2.7:** Impacto do ruído no mercado imobiliário italiano.

Fonte: Fabiana Forte (2007)

<b>FONTE</b>	<b>% DE DEPRECIAÇÃO</b>	<b>TIPO DE RUÍDO</b>
Gabetti	20%	Ruído Externo
Polelli	15% - 20%	Ruído Externo
Campolongo	Leve: até 5% Pesado: 10% - 40% Muito Pesado – Mais de 40%	Ruído Externo Ruído Externo Ruído Externo
Brusa	21%	Ruído Interno

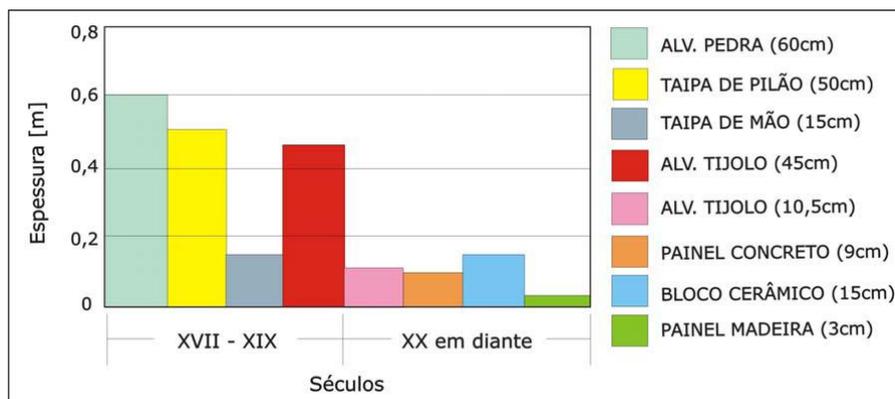
Sabe-se que uma edificação pode ser avaliada por “*pontos por méritos*” e, ao mesmo tempo, receber alguma interferência do ruído ambiental, acarretando uma depreciação do seu valor no mercado imobiliário. Com isso, fica clara a necessidade de serem desenvolvidas pesquisas no campo acústico das edificações, com o objetivo de que as casas sejam construídas de maneira que satisfaçam e proporcionem condições acústicas para os usuários das edificações seja qual for o destino de sua atividade (escolas, residências, hospitais, escritórios). Segundo Rindel (2007), pesquisadores dessa área devem ter em mente que não é suficiente desenvolver modelos precisos teóricos da transmissão sonora ou serem desenvolvidos novos sistemas de construção com melhor isolamento, se arquitetos e parceiros das decisões do projeto não levarem em conta a problemática acústica realmente a sério. Um dos grandes problemas que as construções vêm sofrendo é que não é dado o mesmo peso aos “aspectos acústicos” em relação a outros aspectos, tais quais: resistência estrutural, segurança de incêndio, isolamento térmico,

consumo energético, iluminação natural, estética e outro, no processo de elaboração do projeto. Algumas vezes, os requisitos acústicos são praticamente negligenciados ou considerados fator secundário, que pode ser ajustado mais tarde no projeto, como simplesmente se faz ao escolher uma cor de uma superfície. O fator básico primordial é obter uma atenuação ou um isolamento sonoro adequados já na escolha dos princípios da construção da edificação, como: construções leves ou pesadas, paredes simples ou duplas, colunas, vigas e também definição das aberturas. Todos esses aspectos estarão vinculados aos detalhes necessários das junções entre os elementos construtivos.

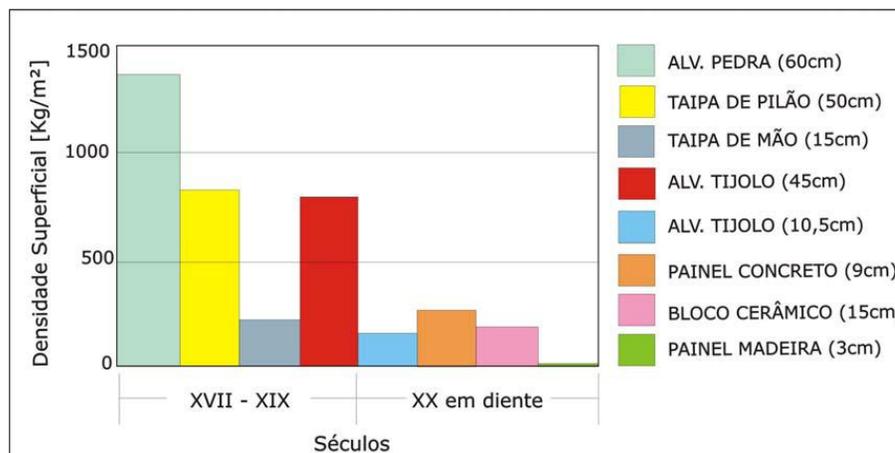
A tecnologia das edificações, a partir da metade do século XX, vem sofrendo constantes alterações por conta da tecnologia industrializada e intensa utilização do concreto, aço e vidro. Estes fatores levaram a edificação para custos mais baixos, mas, em alguns aspectos, não conseguiram atender quantitativa nem qualitativamente aos seus usuários.

Duarte (2004) afirma que, no Brasil, com o início da industrialização e da fabricação em massa dos mais diversos materiais, as técnicas construtivas perderam o caráter local de cada região. Nesse período, a arquitetura entra em um momento de grande conflito com o desempenho acústico das edificações, pois o que era priorizado, tanto estética como tecnologicamente confrontava-se com os conceitos básicos de isolamento sonoro de uma residência. Leveza e pureza plástica são as duas palavras que, ainda hoje, compõem a principal diretriz para a maioria dos arquitetos na definição do partido arquitetônico. Sobre esse assunto, Duarte (2005) mostra a existência da redução acentuada da espessura das paredes, ao longo dos tempos, na arquitetura brasileira, observada cada vez mais a existência de paredes com menores espessuras, conforme indica a Figura 2.31. Paredes menos espessas podem estar relacionadas com paredes mais leves. Ainda nessa pesquisa, Duarte (2005) relaciona em seus estudos a consequente diminuição da densidade superficial das partições nos diversos processos construtivos mais comuns nas paredes de vedação externa, em cada período da arquitetura brasileira (Figura 2.32). Diante desses resultados, pode-se observar que as habitações brasileiras, no decorrer da história, vem perdendo qualidade acústica relativa ao isolamento sonoro, indicando esforços não suficientes ao conforto acústico na elaboração do projeto arquitetônico. Fica clara a necessidade de maiores cuidados para se obter melhores desempenhos acústicos nas vedações das edificações brasileiras,

centrando esforços aos custos acústicos das edificações, visando atender a todas as classes sociais.



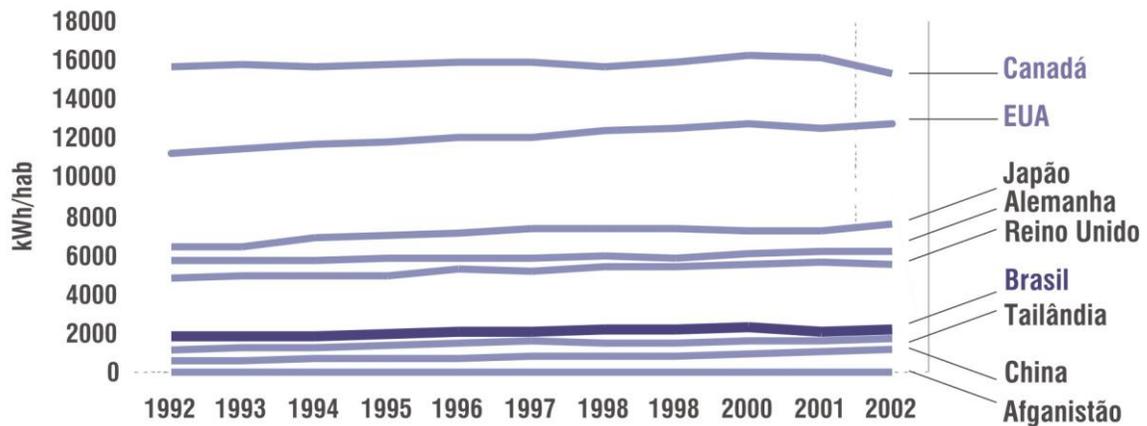
**Figura 2.31:** Variação de espessura das paredes de vedação, ao longo dos séculos, da arquitetura brasileira. Fonte: (DUARTE, 2005).



**Figura 2.32:** Densidade superficial dos processos construtivos das paredes mais comuns de vedação, ao longo dos séculos, da arquitetura brasileira. Fonte: (DUARTE, 2005).

Outro aspecto que merece ser destacado nas decisões acústicas de projeto está relacionado ao desempenho energético das edificações, acarretado pela presença das paredes e aberturas. Medidas tomadas, em se tratando de eficiência energética, impulsionam o desenvolvimento e uso de energias limpas e renováveis. Estimular a utilização da ventilação natural significa centralizar esforços em direção a idéias do desenvolvimento sustentável como modelo econômico.

Procurando os registros do consumo de energia elétrica dos países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, observa-se que o seu consumo, comparado com os demais países, ainda apresenta valores bem abaixo da demanda mundial (Figura 2.33). Esses valores de consumo, mesmo mais baixos que os demais países, necessitam de constante vigilância. No caso do Brasil, esses cuidados são necessários devido aos seguintes fatores de uso: aumento do PIB (Produto Interno Bruto), crescentes expectativas de conforto da população, aumento constante da população brasileira e, finalizando, mudanças rápidas existentes na inversão da forma de vida, de rural para urbana.



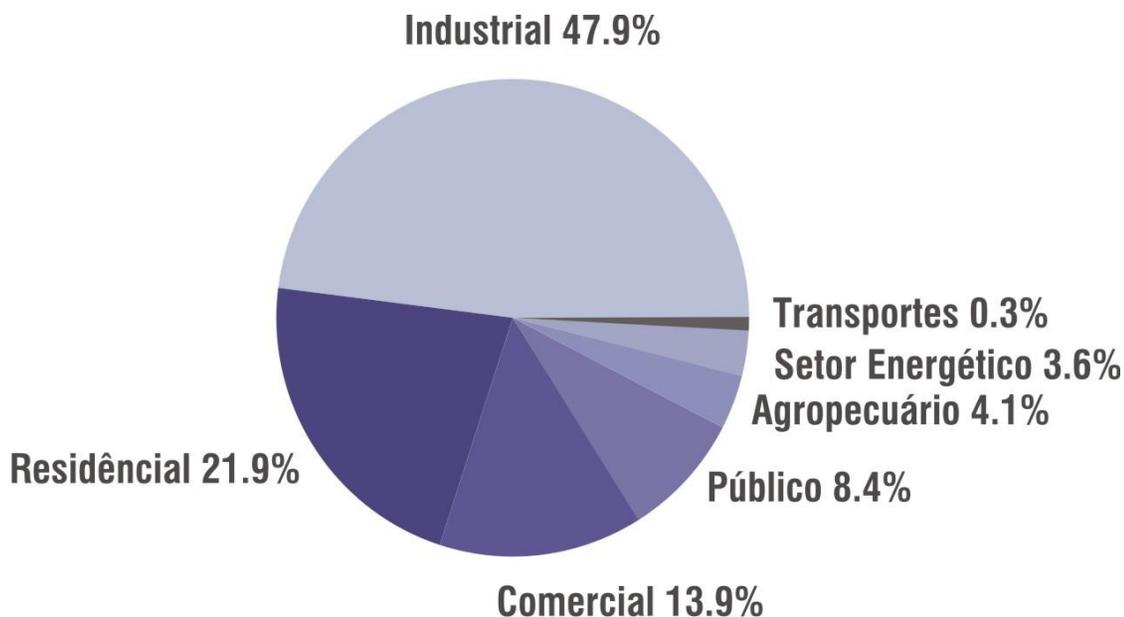
**Figura 2.33:** Evolução do consumo de energia elétrica por habitante em alguns países. (U. S. Census Bureau; EIA-Energy Information Administration, Official Energy Statistics from the U.S. Government).  
Fonte: (LAMBERTS e TRIANA, 2005)

Em 2001, devido aos fatores climáticos e à ausência de novos investimentos no setor energético, o Brasil foi marcado pelo racionamento de energia elétrica, mais conhecido como “crise energética”. Nesse momento, as produções das hidrelétricas, maior fonte geradora de energia elétrica brasileira, entraram em colapso e a população foi obrigada a ficar atenta aos problemas decorrentes da falta de energia. Passou a vigorar uma revisão nas tarifas, denominada “recomposição tarifária extraordinária”, da ordem de 2,9% para a classe residencial e rural e de 7,9% para as demais classes, ficando em vigor por um período de 50 meses. O racionamento de

energia implicou uma desaceleração da economia, representando uma diminuição do PIB entre 1,5 % a 2%, valor em dólar de aproximadamente 15 bilhões (COSTA, 2002).

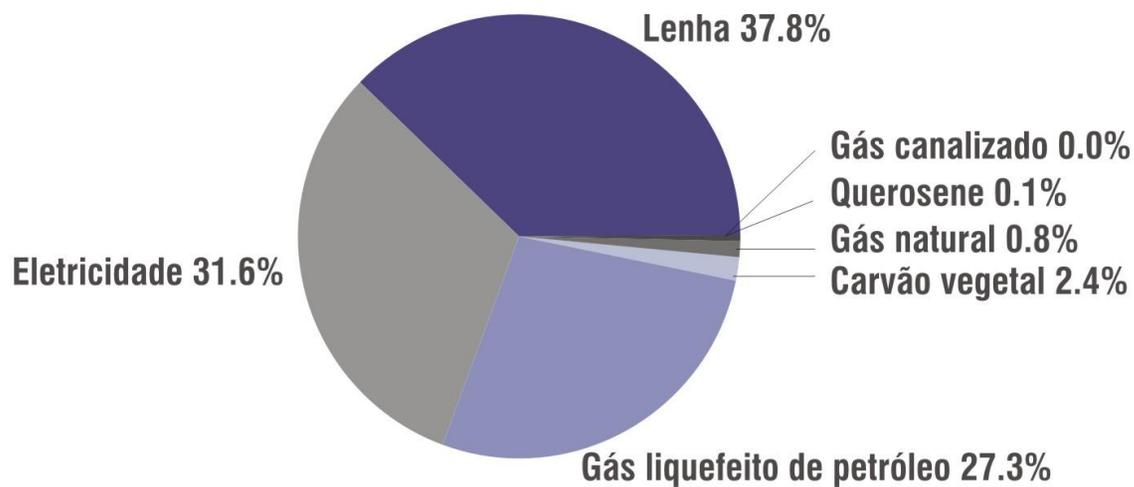
Para se entender a crise energética, torna-se necessário conhecer como vem se comportando o Balanço Energético Brasileiro nos últimos anos. Em 2004, o consumo final de energia elétrica apresentou uma taxa de crescimento na ordem de 4,9% em relação a 2003, quando o setor industrial ficou com 38%, o setor de serviços (comercial, público e transportes) com 27%, o setor residencial com 11%, o setor agropecuário com 4% e o setor energético com 8% o que no total, corresponde a 88% do consumo final de energia. O restante do consumo ficou para o setor de transporte (LAMBERTS e TRIANA, 2005).

Buscando informações sobre a composição setorial do consumo de eletricidade no Brasil, em 2004, observa-se na Figura 2.34, que a estrutura do consumo de eletricidade entre segmentos de consumidores em 2004 apresenta uma forte concentração na indústria (47,9%) e no uso residencial (21,9%), seguido do setor comercial (13,9%) e do setor público (8,4%) (LAMBERTS e TRIANA, 2005).



**Figura 2.34:** Composição setorial do consumo de eletricidade no Brasil 2004. Fonte: (LAMBERTS e TRIANA, 2005).

No Brasil, estudos, com participação do Finep e CNPq, foram iniciados com a preocupação de se buscar um desenvolvimento mais sustentável nas edificações. Foi criado o projeto “Tecnologias para a construção habitacional mais sustentável”, com o objetivo de se criar uma metodologia de avaliação ambiental relativa ao tema “eficiência energética enfocando o setor residencial”. A maior preocupação na busca por um desenvolvimento sustentável seria em minimizar os índices relativos ao consumo de eletricidade, oriundos do setor residencial. Segundo consumo de energia no setor residencial por fonte (Figura 2.35), a eletricidade tem uma alta participação da ordem de 31,8%, ficando atrás apenas da lenha que é da ordem de 37,8%. Esse valor coloca em questionamento procedimentos e critérios a serem estabelecidos no ato, do projeto, para o desenvolvimento de projetos de edificações mais sustentáveis no país (LAMBERTS e TRIANA, 2005).



**Figura 2.35:** Consumo de energia no setor residencial por fonte( Brasil. Bem, 2005). Fonte: (LAMBERTS e TRIANA, 2005).

Segundo Almeida, Schaefer e Rovere (2001), o consumo de eletricidade, no setor residencial, insere o uso do equipamento de ar condicionado, entre outros. O consumo de energia é apresentado por região climática, conforme Tabela 2.8. Observa-se que a região nordeste representa 3,1% do consumo nacional residencial de energia, oriundos da utilização do ar condicionado. Nessa região, a ventilação natural é conhecida como excelente estratégia de

projeto para diminuição do consumo energético. Isso indica que o índice do uso do ar-condicionado em muitos ambientes, pode ser diminuído, sem que seja prejudicado o conforto ambiental dos usuários.

**Tabela 2.8:** Diferença no uso do ar-condicionado final no consumo total residencial de eletricidade, por região (%). Fonte: (ALMEIDA; SCHAEFER e ROVERE, 2001).

<b>REGIÃO</b>	<b>AR CONDICIONADO (%)</b>
Sudeste	3.3
Sul	1.5
Norte	9.4
<b>Nordeste</b>	<b>3.1</b>
Centro-Oeste	2.3
<b>BRASIL</b>	<b>3.0</b>

Segundo Tavares (2006), o consumo residencial de habitação de baixa renda no Brasil ainda não apresenta o uso do ar condicionado agregado aos seus custos, já que muitas vezes é substituído pelo ventilador (circulador de ar). O autor enfatiza, na sua pesquisa, que essas habitações não estão compatíveis com condições favoráveis de adequação dos seus projetos arquitetônicos ao clima. À medida que o padrão familiar e/ou o poder aquisitivo dessa população melhora, isso implicará possibilidade de um aumento do uso do equipamento de ar condicionado nas edificações. Uma maneira de as habitações responderem de forma diversa a esse possível aumento do consumo energético, por conta do uso do ar-condicionado, seria através da utilização de estratégias passivas de projetos, adaptadas a cada local.

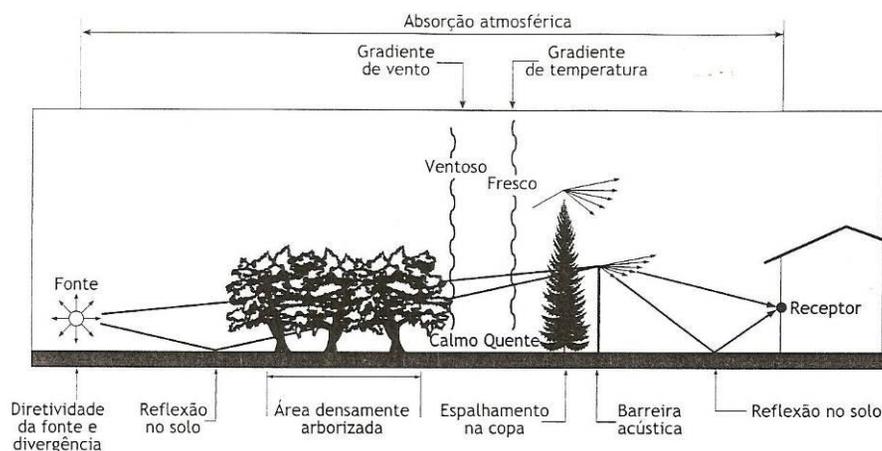
Os aspectos apresentados neste capítulo, relacionam ações necessárias a serem observadas em implantações no âmbito do projeto arquitetura e/ou do planejamento urbano das cidades. Essas ações estão direcionadas para a qualidade de vida das pessoas. Os aspectos acústicos não devem ser negligenciados. Pode-se verificar que os impactos acústicos estão presentes no dia a dia das cidades, pelo crescimento da população urbana, que traz consigo a problemática da poluição sonora que, direta e/ou indiretamente, interfere na maneira de viver das pessoas. Intervir nesses questionamentos é uma questão de posicionamento da gerência dos espaços urbanos, públicos e privados. As decisões no âmbito acústico, quando não muito bem direcionadas, trazem

perdas para a grande parte dos envolvidos. Desperdícios energéticos, desvalorização do imóvel e do espaço urbano, que somam desfavoravelmente na dimensão da qualidade de vida das pessoas. A utilização do peitoril ventilado são alternativas benéficas para serem administradas nas decisões de projeto, pois, como mostrado, é uma ferramenta que quando bem aplicada poderá agregar valores para a junção das interfaces térmicas, energéticas e acústicas.

## CAPÍTULO 3 - ISOLAMENTO SONORO

O nível de ruído encontrado nos ambientes internos é resultado da combinação de duas fontes: ruídos internos, aqueles produzidos dentro da própria edificação, e os ruídos externos, aqueles que, na maioria das vezes, são oriundos de fontes externas como tráfego local, máquinas existentes na circunvizinhança, e outras atividades existentes próximas à edificação.

Uma fonte sonora, de certa potência sonora, emite energia que se propaga e a sua intensidade, pode ser detectada nas proximidades dessa fonte. A trajetória de propagação dessa energia ou onda sonora em vibração é susceptível ao encontro de superfícies a sua volta. No encontro da onda com as superfícies, parte da energia incidente pode ser refletida ou dissipada. A magnitude da transformação dessa energia será proporcional aos mecanismos de atenuação sonora como: perda com a distância percorrida, difração nas barreiras, absorção pela vegetação, absorção atmosférica e gradientes de temperatura e de vento (Figura 3.1).



**Figura 3.1:** Mecanismos de atenuação sonora ao ar livre.  
Fonte: (BISTAFA, 2006).

Nas pesquisas relativas ao nível sonoro encontrado em centros urbanos, os dados levantados demonstram que esses espaços vêm sofrendo constantes variações, elevando seus níveis diante da densidade construtiva e da forma das edificações (NIEMEYER e SANTOS, 2001; GUEDES e BERTOLI, 2005). Em pesquisa realizada sobre ruído em ruas da cidade de Aracaju-SE (cidade nordestina brasileira de clima quente-úmido), Guedes (2005) constatou que as edificações às margens das vias de tráfego estão expostas a maiores níveis sonoros em relação aos edifícios mais recuados, destacando, ainda, a formação de zonas de sombra acústica por trás de uma edificação ou conjunto dessas. As fachadas voltadas para essas áreas de sombra acústica estão mais protegidas do ruído do tráfego. Salienta-se que a implantação de edifícios menos sensíveis ao ruído, a exemplo de barreiras acústicas, pode contribuir como elementos de controle de ruído, protegendo os prédios com atividades mais sensíveis ao ruído localizados atrás dessas edificações.

A avaliação acústica de ambientes expostos ao ruído, seja um espaço urbano ou uma edificação, e as estratégias direcionadas para o controle destes ruídos nos ambientes fazem parte de um sistema complexo de problemas e para melhor conhecê-los necessita-se do aprofundamento teórico e da avaliação das três partes integrantes da problemática: a fonte, a trajetória de transmissão e o receptor (tabela 3.1).

**Tabela 3.1:** Os importantes controles e estratégias do ruído nas edificações.

<b>OS IMPORTANTES CONTROLES DO RUÍDO NAS EDIFICAÇÕES</b>	
<i>Estratégias</i>	
<b>NA FONTE</b>	<b>NA TRAJETÓRIA DE TRANSMISSÃO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Planejamento no ato do projeto e na execução do produto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Separação de áreas ruidosas das áreas não ruidosas;</li> <li>Barreiras acústicas;</li> <li>Tratamento acústico com utilização de absorvedores</li> </ul>

O controle do ruído na “fonte” é provavelmente a melhor e mais eficiente maneira de se promover o controle do ruído, muito embora nem sempre seja uma alternativa de fácil execução. Como exemplo pode-se citar o ruído de tráfego. Para combatê-lo, seria muito mais eficaz se fosse

minimizado na eficiência do ruído dos motores dos automóveis, como também, na manutenção e qualidade das rodovias, utilizando-se Ações Federais e Estaduais Regulamentadoras. Portanto, a melhor maneira de se combater o ruído na fonte seria encontrar melhores procedimentos de atenuação por meio do projeto e da fabricação do produto gerador do ruído.

O controle do ruído na “trajetória de transmissão” é para a arquitetura uma excelente ferramenta de estratégia de projeto à atenuação do ruído. Nesse foco arquitetônico, pode-se dizer que existem três maneiras de atuação para o controle da transmissão sonora aérea no percurso sonoro. A primeira seria utilizar a separação de áreas ruidosas das áreas não ruidosas, fazendo uso do projeto arquitetônico, por meio das suas fachadas e usando o planejamento urbano por intermédio das vias de trânsito, pavimentação e sinalização. Outra estratégia seria a construção de barreiras de isolamento sonoro entre áreas supostamente ruidosas e áreas silenciosas. A terceira seria a utilização de tratamentos sonoros, fazendo-se uso de materiais absorvedores em ambientes geradores do ruído ou em ambientes receptores.

O controle do ruído no “receptor”, passa a ser a terceira alternativa no combate ao ruído. Quando o ruído alcança o receptor, a estratégia aplicada seria a utilização de protetores auditivos. Esse método é bastante utilizado nas indústrias, principalmente quando os dois outros métodos não conseguem atingir a meta de redução necessária.

### **3.1 Isolamento sonoro aéreo**

O isolamento de ruído fornecido por paredes, pisos, divisórias ou partições é apenas uma maneira de atenuar a transmissão da energia sonora de um ambiente para outro. A propriedade física importante de um elemento divisor entre ambientes, e que afeta o som refletido, absorvido e transmitido, é a densidade superficial do material (massa por unidade de área). Na transmissão, ocorre que elementos pesados transmitem pouco som, isto significando que o coeficiente de transmissão para paredes pesadas é pequeno; já para paredes leves, a transmissão é alta. O nível de ruído transmitido por esses elementos (paredes, janelas, pisos, divisórias, e outros) também

varia de acordo com as faixas de frequências determinadas pelas características acústicas das propriedades dos materiais.

Gerges (1992) descreve que o desempenho de materiais ou dispositivos para isolamento acústico (enclausuramentos, divisórias e outros) pode ser estabelecido mediante determinação das grandezas físicas como Índice de Redução Sonora e Diferença de Nível de Pressão Sonora. Índice de Redução Sonora (R) é definido como a relação logarítmica do curso do coeficiente de transmissão. O coeficiente de transmissão ( $\tau_i$ ), por sua vez, é definido como a razão entre as energias transmitidas/ energias incidentes. Matematicamente, “R” é representada pela Equação 3.1.

$$R = 10 \log \left( \frac{1}{\tau_i} \right) \quad \text{dB} \quad (3.1)$$

Paixão (2002) esclarece as variações utilizadas dessas terminologias referentes à transmissão sonora, retratando que:

“Fahy (1985, p.147) e Recuero & Gil (1993, p.294) esclarecem que a Perda de Transmissão (PT) pode ser também, referida por Sound Reduction Index – R (Índice de Redução Sonora), como as normas ISO (International Standard Organization) e que, em alguns países (como nos Estados Unidos), a denominação mais empregada é Sound Transmission Loss – TL (Perda de Transmissão)”.

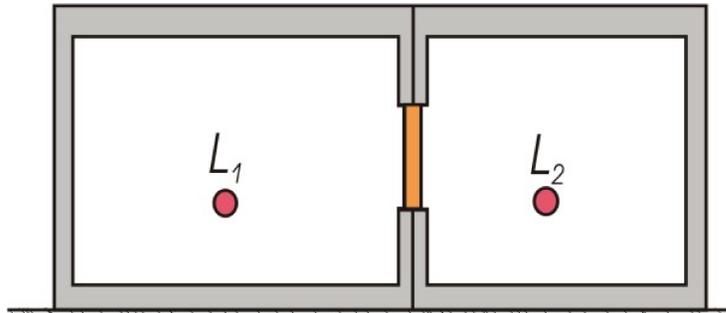
As terminologias usadas em investigações de isolamento sonoro, muitas com o mesmo significado, mas que variam das bases das suas fontes ou países dos quais foram retirados os seus conteúdos, fez com que Duarte (2005) criasse uma tabela resumida com os principais índices utilizados para isolamento sonoro de um componente e as diferenças entre as terminologias existentes na literatura e apresentada na Tabela 3.2. Com base nessa tabela, as terminologias utilizadas neste trabalho serão Diferença de Nível (D) e Índice de Redução Sonora (R).

**Tabela 3.2** – Nomenclaturas dos principais termos utilizados em isolamento sonoro aéreo, as normas internacionais relacionadas, as principais referências que as utilizam e a definição dos termos. (\*) Terminologias utilizadas no desenrolar do trabalho. Fonte: (DUARTE, 2005).

ÍNDICES	NORMAS	REFERÊNCIAS	DEFINIÇÃO
*Diferença de Nível, <b>D</b> (Level Difference, <b>D</b> , ou Noise Reduction, <b>NR</b> )	ISO 140 – 4 EN 12354-1	Reynolds, 1981 (NR) Gerges, 2000 (D) ISO 140 –4 (D) EN 12354-1 (D)	Diferença do nível de pressão sonora entre os dois lados do dispositivo isolador.
Perda por Inserção (Insertion Loss, <b>IL</b> )	—	—	Diferença do nível de pressão sonora antes e depois da colocação do dispositivo isolador em um mesmo ponto de medição.
Perda de Transmissão, <b>PT</b> , ou *Índice de Redução Sonora, <b>R</b> (Transmission Loss, <b>TL</b> , ou Sound Reduction Index, <b>R</b> )	ISO 140-3 EN 12354-1	Sharland, 1979 (R) Reynolds, 1981 (TL) Pierce, 1994 ( $R_{TL}$ ) Beranek, 1992 (R) Gerges, 2000 (PT) Fahy, 2001 (R) ISO 140-3 (R) EN 12354-1 (R)	Relação logarítmica entre a potência sonora incidente em uma partição e transmitida para outro ambiente.

O Índice de Redução Sonora (**R**) de um complemento quantifica o isolamento quando o componente é avaliado em laboratório. A Diferença de Nível de Pressão Sonora refere-se à quantificação do isolamento de um componente obtido em campo. Quando se busca quantificar o Índice de Redução Sonora de um componente utilizado como elemento divisor entre dois ambientes, necessita-se de conhecimento dos níveis de pressão sonora em cada ambiente, separadamente. A Diferença de Nível de Pressão Sonora (**D**) pode ser obtida, utilizando-se a medição do nível de pressão sonora nos dois ambientes isolados estruturalmente (Figura 3.2). Um ambiente com a presença da fonte sonora ( $L_1$ ) e o outro ambiente receptor ( $L_2$ ), separado pelo elemento divisor a ser analisado, pode ser uma abertura, uma parede, uma janela, etc. Matematicamente, a Diferença de Nível Sonora (**D**) é explicitada na Equação 3.2.

$$D = L_1 - L_2 \quad \text{dB} \quad (3.2)$$



**Figura 3.2:** Esquema dos pontos de medição para o parâmetro Diferença de Nível de Pressão Sonora.

Segundo Egan (1988), os valores da Diferença de Nível ( $D$ ) entre dois ambientes, quando medidos, sofre interferência de vários aspectos relativos ao ambiente avaliado como: área da parede de transmissão sonora em comum ( $S$ ) em  $\text{m}^2$ , absorção do ambiente receptor ( $a_2$ ) em sabins e Índice de Redução Sonora ( $R$ ) da parede de transmissão sonora em comum, dada em dB. Essa relação pode ser vista na Equação 3.3.

$$D = R + 10 \log \frac{a_2}{S} \quad \text{dB} \quad (3.3)$$

Ao ser analisado o desempenho do isolamento de uma determinada parede construída entre dois ambientes distintos, esses valores obtidos podem variar, dependendo do seu projeto e onde se encontra instalada. Segundo Paixão (2002), a Diferença de Nível de Pressão Sonora, ao contrário do Índice de Redução Sonora, não está baseada, somente, em características inerentes aos materiais, porque sofre a interferência dos locais onde são medidos os níveis de pressão, portanto depende de fatores relativos ao ambiente, como o volume e a absorção.

### 3.1.1 Influência da absorção sonora no isolamento

A absorção sonora em um ambiente depende da absorção dos materiais empregados nas superfícies. Esses materiais absorvedores específicos têm como objetivo, na sua aplicação, a finalidade de reduzir o ruído do interior dos ambientes por meio da redução das reflexões causadas pelas superfícies. A quantificação da absorção do som é expressa pelo coeficiente de absorção, o qual descreve a fração do som incidente, absorvido pelo material, e varia de zero a 1.0.

Os materiais absorventes geralmente são testados em laboratório. Materiais com coeficiente de absorção superior a 0.50 são referenciados como absorvedores sonoros, enquanto os materiais com valores menores que 0,20 são denominados de materiais refletores. Egan (1988) demonstra, na Tabela 3.3, o efeito da diferença de percepção da absorção devido ao coeficiente do material para a maioria das situações a uma dada frequência.

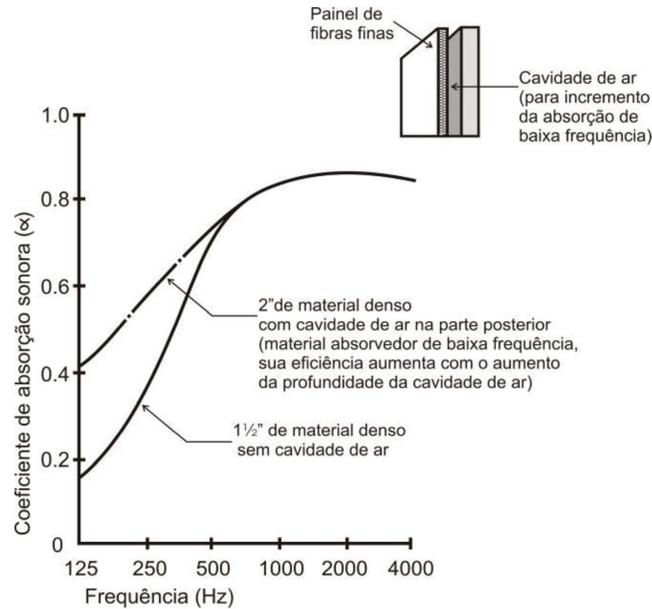
**Tabela 3.3:** O efeito da diferença no coeficiente entre dois materiais em certa frequência. Fonte: (EGAN, 1988).

Diferença no coeficiente	Efeito para maioria das situações
< 0.10	Pouca (geralmente não perceptível)
0.10 a 0.40	Perceptível
> 0.40	Considerável

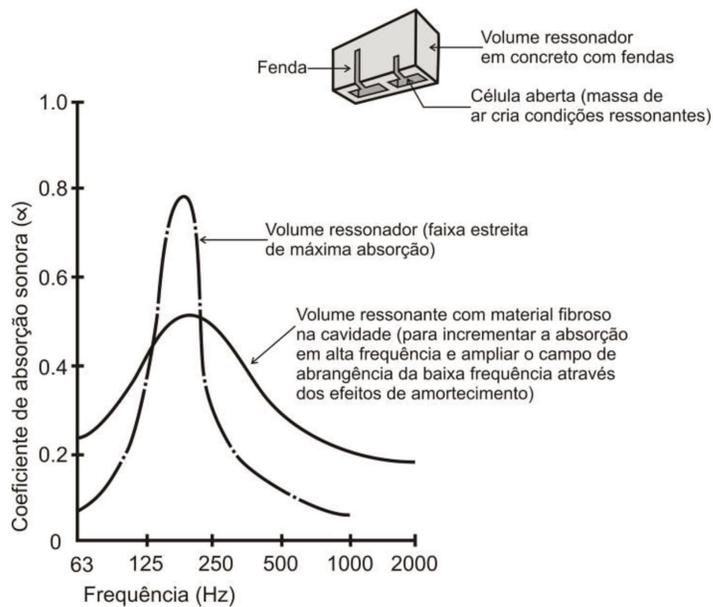
Os materiais absorvedores são classificados segundo seus mecanismos de absorção categorizados em absorvedores porosos, painéis ou membranas absorvedoras e volumes absorvedores (ressonadores). As características de absorção desses materiais, em função da frequência, são mostradas nos exemplos gráficos da Tabela 3.4. O desempenho de absorção desses materiais depende da presença de cavidade entre o material e a superfície aplicada, da densidade do material, como também da espessura do material poroso. Os padrões de montagens e / ou aplicação não podem ser omitidos, uma vez que podem garantir desempenhos mais eficientes.

**Tabela 3.4:** Classificação dos materiais absorvedores. Fonte: (EGAN, 1988).**CLASSIFICAÇÃO DOS ABSORVEDORES SONOROS****1. Absorvedores porosos**

- Melhor absorção nas frequências mais altas.

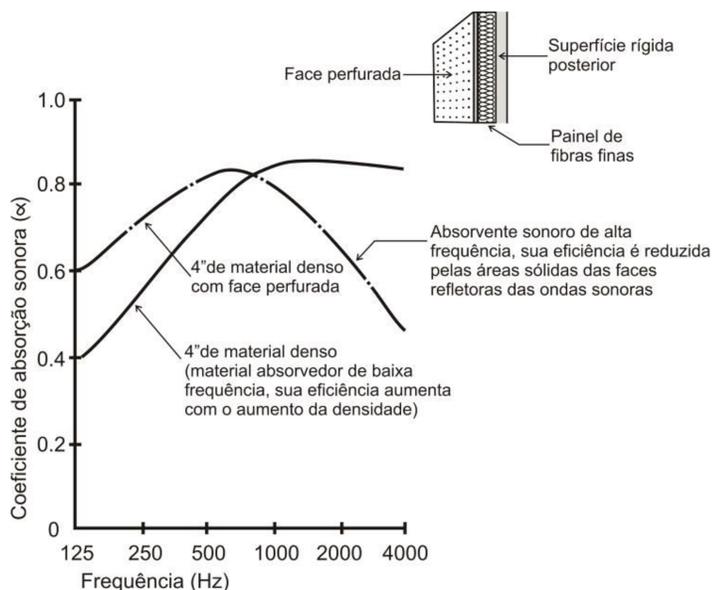
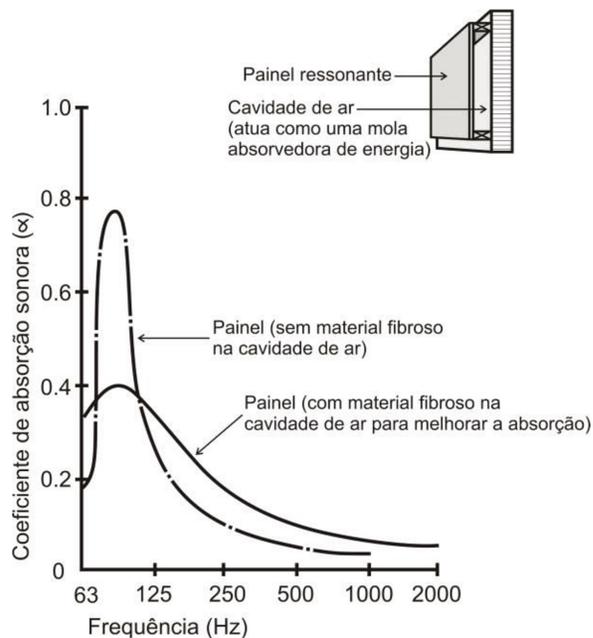
**2. Volumes ressonadores**

## Absorção seletiva



### 3. Painéis ou membranas porosas (com e sem cavidade)

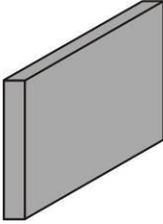
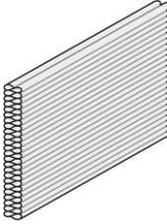
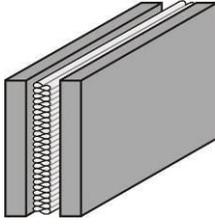
- Absorção dependerá das características do material e aplicação.



Os materiais porosos absorvedores, ao serem utilizados nos ambientes ou paredes divisórias, apresentam boa absorção sonora, minimizando o nível de pressão sonora interno no ambiente. Por outro lado, sua capacidade de transmissão sonora é baixa. Mehta (1999) esclarece

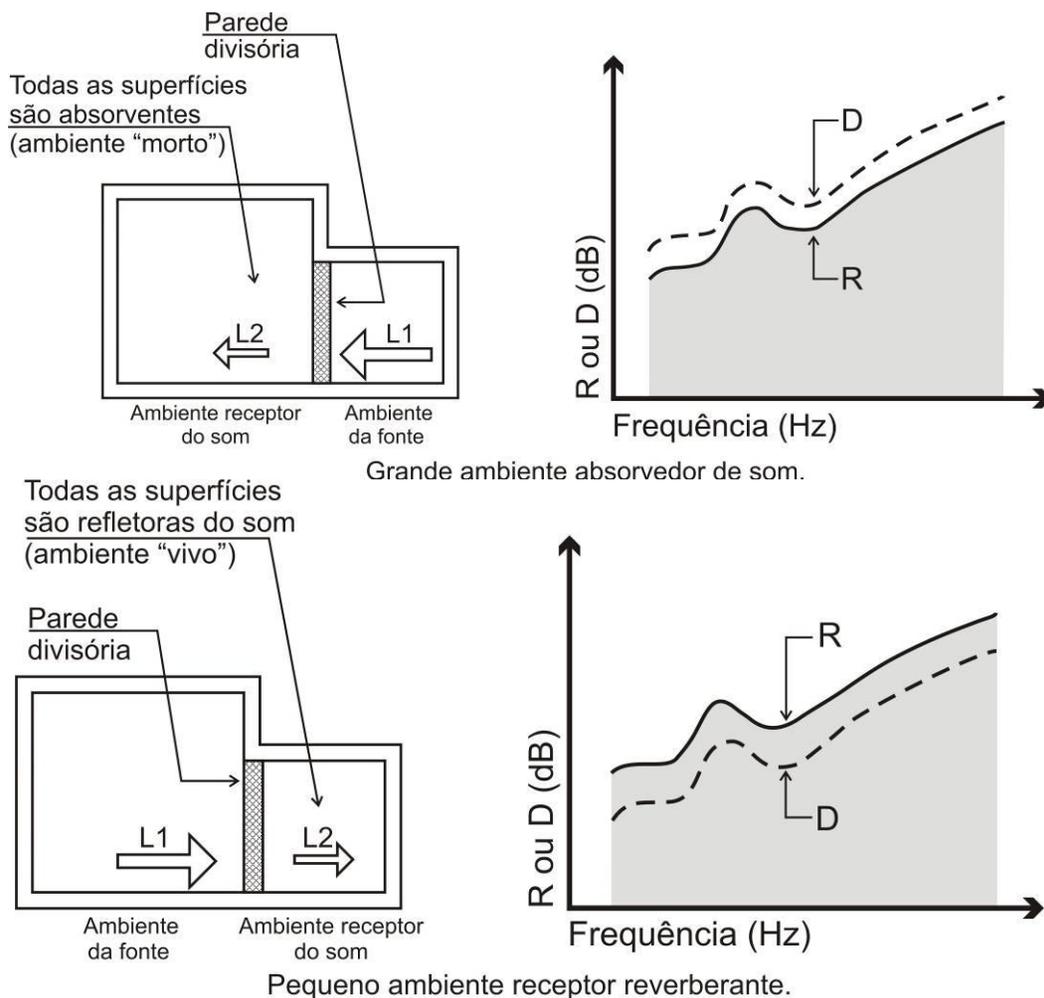
como regra geral que, se um material permite a passagem de ar, conseqüentemente o som também irá passar. Dessa forma, um material, para comportar-se com melhor isolamento sonoro, deve ter uma constituição hermética e impermeável. A Tabela 3.5 procura mostrar esquematicamente a diferença de desempenhos entre elementos construtivos distintos e suas respectivas características acústicas.

**Tabela 3.5:** Tabela esquemática com sistemas construtivos distintos e características acústicas.

<b>Elemento</b>			
<b>Constituição</b>	Alvenaria	Lã de Rocha	Alvenaria + Lã de Rocha + Alvenaria
<b>Sistema Construtivo</b>	<b>Massa</b>	<b>Mola</b>	<b>Massa/Mola/Massa</b>
<b>Característica Acústica</b>	<b>ISOLAMENTO</b>	<b>ABSORÇÃO</b>	<b>ISOLAMENTO- ABSORÇÃO- ISOLAMENTO</b>

A Diferença de Nível de Pressão Sonora de uma parede construída entre dois ambientes distintos pode variar de acordo com o volume e as características acústicas construtivas de cada um desses ambientes, os quais podem ter características refletoras, denominadas de “ambiente vivo” ou características absorvedoras, denominadas de “ambiente morto”. Na Figura 3.3, Egan (1998) mostra que, se o ambiente receptor for um ambiente absorvedor com grande volume em relação ao ambiente da fonte, o Índice de Redução Sonora (R) será menor que a diferença de nível (D) apresentada, caso o ambiente receptor fosse um ambiente refletor com mesmo volume. Isto acontece porque o isolamento sonoro da parede comum entre os dois ambientes é maior quando a energia sonora é transmitida dentro de um ambiente receptor grande, com alta capacidade absorvedora (ambientes mortos) do que ambientes (ambientes vivos) receptores

pequenos reverberantes. Assim o som que será transmitido em um ambiente morto não aumenta muito como acontece nos ambientes vivos reverberantes.



**Figura 3.3:** Índice de Redução Sonora (R) ou Diferença de nível (D) em relação a tipo de diferentes de ambiente: Reverberante ou Absorvente. Fonte: EGAN, M. (1998).

### 3.2 Índice de Redução Sonora (R)

As paredes construtivas das edificações são normalmente constituídas por uma série de painéis onde cada um é caracterizado por um material diferente. Quando o painel é composto de um único material, é denominado de “painel de folha única ou parede simples” e quando for

composto de várias camadas de materiais ou folhas, são chamados de “painéis de múltiplas folhas, parede dupla ou parede tripla composta”. Como exemplo de parede simples, temos o concreto e o tijolo maciço.

### 3.2.1 Parede Simples

Paredes simples são aquelas compostas de várias partes interconectadas, as quais oscilam independentemente uma das outras sob a influência de flutuações da pressão sonora. A lei da massa é justamente caracterizada por este comportamento em que a vibração do painel consiste de várias partes ligadas, mas independentes. A expressão simplificada por Paixão (2002), para cálculo do Índice de Redução Sonora, na condição de isolamento sonoro é dada pela Lei da Massa, vista na Equação 3.4.

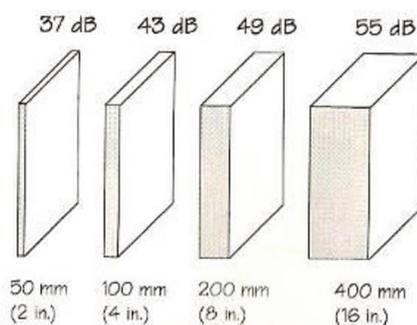
$$R = -42,4 + 20 \log (fm) \quad \text{dB} \quad (3.4)$$

Onde:

$f$  é a frequência sonora;

$m$  é a densidade superficial expressa em  $\text{Kg} / \text{m}^2$ .

Conforme é observado na Equação 3.4, o Índice de Redução Sonora é diretamente proporcional à densidade superficial e a frequência, isto é, maior a densidade superficial, maior o Índice de Redução Sonora. A Lei da Massa indica que a parede simples, ao ter duplicada sua densidade superficial ou duplicada a sua frequência do som incidente, apresenta um acréscimo de 6 dB no valor de  $R$  do painel (Figura 3.4).



**Figura 3.4:** Teoria da Lei da Massa e a espessura de um painel.  
Fonte: (MEHTA, 1999).

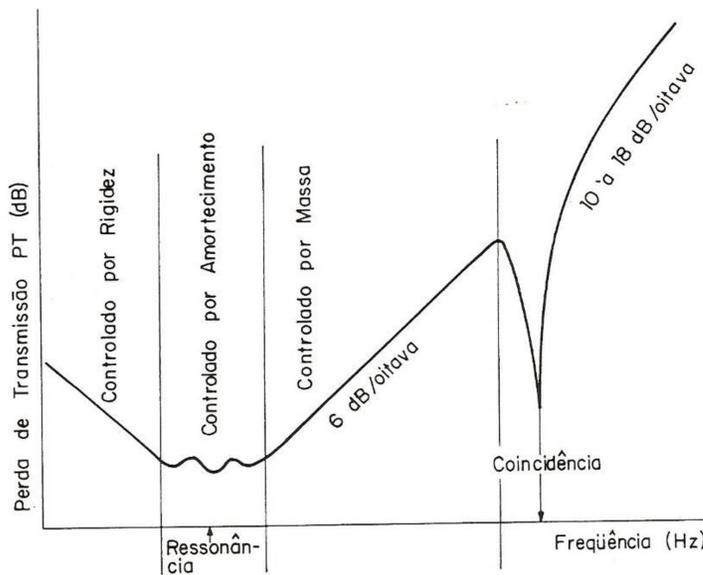
Segundo Paixão (2002) o valor mais utilizado em medições realizadas em laboratórios, ou mesmo em situações reais, porém, é o chamado Índice de Redução Sonora de Campo, que considera somente os ângulos de incidência de 0° até 78°.

Reynolds (1981) destaca que o Índice de Redução Sonora é máxima na incidência normal, aproximando-se de zero para ângulos próximos a 90°. Afirma, ainda, que a perda de transmissão, na prática, nunca é igual a zero, por isso a integração é apenas dos ângulos de incidência até 78°.

A representação matemática para o Índice de Redução Sonora de Campo (R) é dada pela Equação 3.5, a qual é resultante da diminuição de um valor cinco (5) na Equação 3.4. Esse Valor (5) empregado para corrigir o modelo matemático, possibilita a utilização da incidência de 0° até 78°, decorre de comprovação experimental (PAIXÃO, 2002).

$$R = 20 \log (fm) - 47,4 \quad \text{dB} \quad (3.5)$$

Segundo Mehta (1999), outros fatores, além da densidade superficial, podem ter interferência no isolamento das paredes simples: a rigidez e o amortecimento do material (Figura 3.5).



**Figura 3.5:** Curva típica de R para parede simples.  
Fonte: (GERGES,1992).

Gerges (1992) ressalta que é muito importante conhecer bem o espectro do ruído a ser isolado e escolher adequadamente a parede para que, no isolamento acústico, não ocorra ressonância mecânica e/ou efeito de coincidência, minimizando o valor do isolamento do material.

Segundo Gerges (1992), a condição de coincidência ocorre quando o comprimento de onda acústica no meio, projetada na estrutura, é igual ao comprimento da onda de flexão livre dessa estrutura. Para incidência normal  $\phi = 0$ , a condição de coincidência é chamada crítica. É nessa frequência que a Lei da Massa deixa de ser válida devido ao início da zona controlada pelo efeito da coincidência. A frequência crítica é dada pela Equação 3.6.

$$f_c = \frac{c}{1,8c_1h} \quad (3.6)$$

Onde:

$f_c$  é a frequência crítica;

$c$  é velocidade do fluido em que circunda o painel;

$c_1$  é a velocidade da onda longitudinal no sólido;

$h$  é a espessura da placa.

### 3.2.2 Parede dupla ou tripla

A construção de uma parede dupla passa a ser uma boa solução para projetos que necessitem de um elevado Índice de Redução Sonora sem necessariamente ter que fazer uso de grandes massas. O desempenho desse tipo de parede pode ser aperfeiçoado mediante alguns cuidados no seu desenho, como também na sua construção. Estes itens merecem ser observados.

- Maximização da massa da parede;
- Construção de duas paredes separadas por uma cavidade. Essa cavidade com camada de ar funciona como uma mola, e o Índice de Redução Sonora será maior que o de uma parede simples com equivalente peso. Melhores desempenhos ocorrerão para baixa frequência quando a cavidade for pelo menos 100 mm;
- Evitar interconexão entre as paredes para melhorar seu desempenho. O Índice de Redução Sonora da parede será a soma da perda de transmissão de cada uma delas, individualmente. Esse fato, na prática, passa a ser uma tarefa difícil ou quase impossível. Pode ser conseguido, utilizando material resiliente entre as duas paredes;
- Evitar que o material utilizado nas duas paredes tenha mesma frequência de coincidência. Aconselha-se utilizar materiais com espessuras diferentes ou que não sejam similares;
- Colocar material absorvedor poroso na cavidade entre as duas paredes melhora desempenho do Índice de Redução Sonora;
- Lembrar que materiais com rigidez baixa terão melhor desempenho do Índice de Redução Sonora.

No caso de isolamento com paredes duplas de materiais como alvenaria, gesso, metais, vidros, separadas por um espaço de ar, o Índice de Redução Sonora do conjunto composto da parede 1 e 2 é dada pelos índices da Equação 3.7:

$$R = R_1 + R_2 + 6 + 20 \log \left| \frac{2\pi fl}{c} \right| \text{ dB} \quad (3.7)$$

Onde:

$f$  é a frequência em Hz;

$d$  é o espaço de ar entre as paredes em m;

$c$  é a velocidade de propagação do som em m/s;

$R_1$  e  $R_2$  são os Índices de Redução Sonora relativa à parede 1 e 2 em dB, respectivamente.

### 3.2.3 Paredes compostas

As paredes, na prática, podem ser compostas de diferentes materiais, cujas espessuras e áreas são diferentes. Muitas dessas paredes são tomadas por superfícies com aberturas, as quais utilizam portas e/ou janelas. As aberturas, em geral, não têm o mesmo Índice de Redução Sonora do material da parede e a sua utilização implica uma redução considerável no índice de parede composta.

Para encontrar o Índice de Redução Sonora ( $R_{comp}$ ) de uma superfície composta, matematicamente, utiliza-se a Equação 3.8 abaixo:

$$R_{comp} = 10 \log \frac{1}{\tau_{comp}} \text{ dB} \quad (3.8)$$

Onde:

$\tau_{comp}$  representa o coeficiente de transmissão composto e dado na equação 3.9

$$\tau_{comp} = \frac{\sum \tau_i S_i}{\sum_i S_i} \quad (3.9)$$

$\tau_i$  é o coeficiente de transmissão sonora de cada superfície;

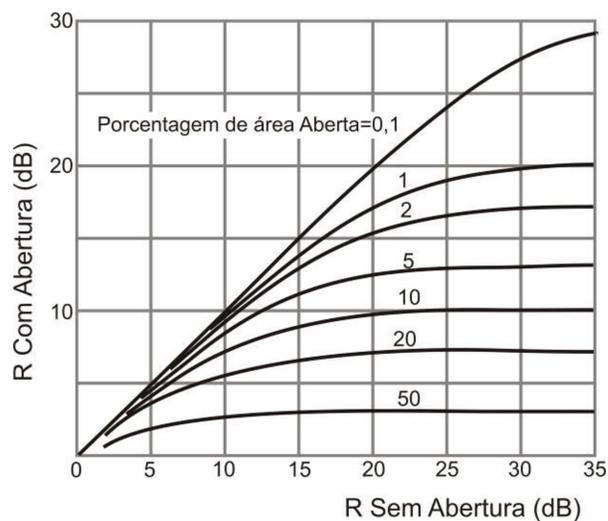
$S_i$  é a área de cada superfície.

O Índice de Redução Sonora de uma parede composta de duas superfícies com áreas  $S_1$  e  $S_2$  e com coeficientes de transmissão  $\tau_1$  e  $\tau_2$ , respectivamente, pode ser dado pela Equação 3.10:

$$R_{comp} = 10 \log \frac{S_1 + S_2}{\tau_1 S_1 + \tau_2 S_2} \text{ dB} \quad (3.10)$$

Gerges (1992) explica que as aberturas e/ou paredes com baixo índice de isolamento podem ser consideradas como acusticamente transparentes. Para esses casos, as fórmulas são aproximadas, pois não levam em conta as diretividades, efeitos de ressonância.

O Índice de Redução Sonora é reduzido na presença de aberturas, frestas. Essas podem até amplificar o ruído em algumas frequências. Gerges (1992), mostra, na Figura 3.6, um gráfico que é usado para quantificar o Índice de Redução Sonora de paredes com porcentagens diferentes de aberturas. Esse gráfico indica, por exemplo, que a inserção numa parede de uma abertura de 1% reduz o isolamento de 30dB para aproximadamente 19,6dB, o que significa uma redução de 10,4dB no isolamento.



**Figura 3.6:** Índice de Redução Sonora de paredes com aberturas. Fonte: (GERGES, 1992).

Para estabelecer valores para o Índice de Redução Sonora de paredes compostas por diferentes materiais de diferentes Índices de Redução Sonora, Mehta (1999) sugere o uso da Tabela 3.6, utilizando os seguintes procedimentos:

- Calcula a área da abertura como porcentagem da área total da parede;

- Determina a diferença entre o Índice de Redução Sonora ( $R$ ) da parede e o Índice de Redução Sonora ( $R$ ) da abertura.
- Com a diferença do  $R$  (encontrado no item acima) e a percentagem da abertura (encontrado no primeiro item) encontra-se a redução a ser feita do  $R$  da parede.

**Tabela 3.6:** Redução do Índice de Redução Sonora da parede feito por uma abertura.

Fonte: MEHTA, M. (1999).

REDUÇÃO NA PERDA DE TRANSMISSÃO DE UMA PAREDE POR UMA ABERTURA (dB)										
R parede - R abertura	Área de abertura como percentagem da área total da parede									
	100%	50%	20%	10%	5%	2%	1%	0.5%	0.1%	0.01%
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	1.0	0.5	0	0	0	0	0	0	0
3	3	2.0	1	0.5	0	0	0	0	0	0
4	4	2.5	1.0	0.5	0.5	0	0	0	0	0
5	5	3.0	1.5	1.0	0.5	0	0	0	0	0
R parede - R abertura	Área de abertura como percentagem da área total da parede									
	100%	50%	20%	10%	5%	2%	1%	0.5%	0.1%	0.01%
6	6	4.0	2	1.0	0.5	0	0	0	0	0
7	7	5.0	2.5	1.5	1.0	0.5	0	0	0	0
8	8	6.0	3.0	2.0	1.0	0.5	0	0	0	0
9	9	6.5	4.0	2.5	1.5	1.0	0.5	0.5	0	0
10	10	7.5	4.5	3.0	2.0	1.0	0.5	0	0	0
15	15	12.0	8.5	6.0	4.0	2.0	1.0	1.0	0	0
20	20	17.0	13.0	10.5	8.0	5.0	3.0	2.0	0.5	0
30	30	27.0	23.0	20.0	17.0	13.0	10.0	8.0	3.0	0.5
40	40	37.0	33.0	30.0	27.0	23.0	20.0	17.0	10.5	3.0
50	50	47.0	43.0	40.0	37.0	33.0	30.0	27.0	20.0	10.5
60	60	57.0	53.0	50.0	47.0	43.0	40.0	37.0	30.0	20.0

O isolamento sonoro de fachadas requer embasamento nos requisitos teóricos mencionados no transcorrer deste capítulo. As várias pesquisas existentes são norteadas por normas de desempenho as quais são explicadas no capítulo “*materiais e métodos*” por serem utilizadas na elaboração desta pesquisa de desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados.

## **CAPÍTULO 4 - CONTROLE DO RUÍDO DE ELEMENTOS DE FACHADAS**

O controle do ruído nas cidades exige uma maior conscientização da aplicabilidade de ações relacionadas ao planejamento urbano e ao traçado das cidades, e à utilização de estratégias no projeto arquitetônico através do seu desenho. Na maioria das vezes, os problemas de controle do ruído nas edificações persistem, pois as ações para o seu combate são tardias. A gravidade dos problemas acústicos, pertinentes ao edifício, está em grande parte relacionada aos aspectos relativos à escolha do terreno, à concepção estrutural, ou, até mesmo, aos detalhes relativos à escolha das aberturas das fachadas.

A fachada de uma edificação pode ser considerada a última barreira entre o ruído externo e o seu usuário. Esse condicionante arquitetônico é composto de paredes e aberturas. Estas podem estar integradas à edificação de várias maneiras: totalmente aberta, totalmente fechada e parcialmente aberta.

Nas estratégias do desenho das fachadas, em edifícios implantados em regiões de clima quente úmido, o vento é um importante fator climático para a arquitetura bioclimática, cujo objetivo é garantir a interação com qualidade entre o homem e o meio ambiente. Vários elementos arquitetônicos são utilizados nas fachadas e, dentre outros aspectos, servem para auxiliar na qualidade acústica da edificação. Esses elementos são caracterizados por varandas, janelas especiais, brises, marquises, peitoris ventilados, elementos vazados e outros.

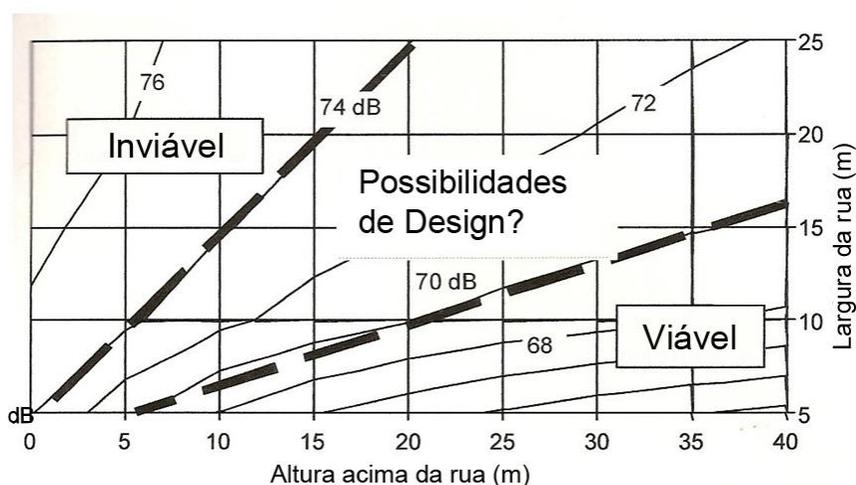
A utilização da ventilação natural nas edificações pode trazer ruídos indesejáveis oriundos das ruas ou de outras salas no mesmo edifício. Naturalmente que, nos espaços urbanos, onde as regulamentações que exigem níveis mínimos de amortecimento acústico para cada fachada forem inviáveis de serem aplicadas, a estratégia do desenho das aberturas das fachadas beneficiando a ventilação natural merece cuidados.

Segundo Allard (1998), em alguns países onde o ruído de tráfego nos espaços urbanos mereça atenção especial, algumas regulamentações são estabelecidas exigindo o nível mínimo de atenuação do ruído para a fachada da edificação. No caso da França, esses valores mínimos de atenuação do ruído nas fachadas deve estar entre 65 e 70dB(A) e, para esse fim, janelas especiais contemplando a redução de ruído estão em desenvolvimento. Vale ressaltar que as edificações naturalmente ventiladas, em locais apropriados de condições acústicas, não devem ser mais barulhentas que as alternativas convencionais de ventilação mecânica.

Field e Digerness (2008), em busca de critérios necessários para serem implantados em edificações naturalmente ventiladas, comentam a ausência de normas internacionais reconhecidas para estabelecer limites de ruídos de fundo internos para edificações que utilizam a ventilação natural. Em pesquisas anteriores, sugeriram que os níveis de ruído interno permitido para edificações com uso da ventilação natural deveriam ser maiores que as edificações que utilizam janelas fechadas e sistemas de ar-condicionado por causa dos benefícios ditos não acústicos que a ventilação natural propicia. Wackernagel et al (1999), em Apud Field e Digerness (2008), indicam que o nível de pressão sonora equivalente do ruído interno acima de 65dB(A) deveria ser aceitável para escritórios naturalmente ventilados. Trabalhos realizados por vários pesquisadores, coletados e resumidos por Ghiaus e Allard (2005), (apud FIELD e DIGERNESS, 2008) mostram que o nível de ruído entre 55 – 60dB(A) são aceitáveis para escritórios abertos e que as normas internacionais de ruído são desnecessariamente rígidas para serem aplicadas em edificações ventiladas naturalmente. Outro comentário, também apresentado por Field e Digerness (2008) em McCartney e Nicol (2007), mostra que o nível de ruído interno tolerável na Europa é em torno de 60dB(A).

O projeto de pesquisa Europeu, “URBVENT”, Parte 1: Ambientes Urbanos, integrado por vários pesquisadores (GHIAUS ET AL, 2006), teve por objetivo estudar os vários aspectos necessários aos centros urbanos para possibilitar a inserção da utilização da ventilação natural nas edificações em diversas tipologias de espaços urbanos. Os aspectos avaliados indicaram estudos sobre ventilação, ruído e poluição do ar. Os estudos dirigidos ao ruído foram aprofundados verificando-se os níveis de ruído apresentados em várias ruas com tipologias diferenciadas levando em conta a altura das edificações inseridas nas ruas e a largura das vias. O objetivo dessas medidas foi para obter o efeito da altura do ponto de medição acima do pavimento das

“canyons ruas” (ruas com edificações enfileiradas) sobre o ruído. As medições apresentaram um elevado nível de ruído nessas tipologias de ruas, apresentando predominância no final das baixas frequências, apesar da grande proporção de motocicletas encontradas no tráfego misturado. Um dos resultados deste trabalho está apresentado na Figura 4.1, indicando o potencial para utilização da ventilação natural nas edificações, em função de altura das edificações e largura das vias. A Figura 4.1 mostra um contorno para níveis de ruído em diferentes alturas acima do nível da rua e largura das ruas. A área do gráfico apresentado, que encontra as alturas e larguras a faixa denominada “viável”, indica que a estratégia de ventilação natural é bem aplicável nessa situação. Este gráfico mostra que edificações com alturas baixas (até 15m) devem estar localizadas em ruas com larguras de 8m, para utilizarem estratégia de projeto com ventilação natural. As edificações com alturas e larguras situadas nas áreas denominada “inviável” são regiões onde a aplicação da ventilação natural não deve ser utilizada. A área entre esses dois extremos são as regiões em que existem possibilidades de soluções, utilizando-se de estudos estratégicos de desenho.



**Figura 4.1:** Contornos do nível de ruído em diferentes alturas acima da rua em função da largura das ruas. Fonte: URBVENT (2005).

No Brasil, de acordo com a NBR 15575-4:2008, os níveis de pressão sonora para desempenho de elementos de vedação de fachada mínimo de aceitação é o M (denominado mínimo), ou seja, atende às premissas de projeto. A Tabela 4.1 apresenta os valores recomendados da Diferença Padronizado de Nível Ponderada da vedação externa, ( $D_{2m,nT,w'}$ )

para ensaios de campo de fachada. Segundo a norma NBR 15575-4:2008, devem ser avaliados os dormitórios e a sala de estar da unidade habitacional. A mesma norma recomenda que o método de campo deve ser efetuado conforme a norma ISO 140-5, obtendo-se os valores de  $D_{2m,nt}$ , em bandas de terço de oitava entre 100Hz e 3150Hz ou em bandas de oitava entre 125Hz e 2000Hz. As janelas e portas no ato das medições devem estar fechadas e, se a fachada for constituída de mais de um componente, deve ser ensaiado o sistema completo.

**Tabela 4.1:** Valores recomendados da diferença padronizada de nível ponderada da vedação externa,  $D_{2m,nt,w}$  para ensaios em campo.

Elemento	$D_{2m,nt,w}$ (dB)	$D_{2m,nt,w+5}$ (dB)	Nível de desempenho
Vedação externa de dormitórios	25 a 29	30 a 34	M
	30 a 34	35 a 39	I
	$\geq 35$	$\geq 39$	S

NOTA 1: Para vedação externa de cozinhas, lavanderias e banheiros, não há exigências específicas.

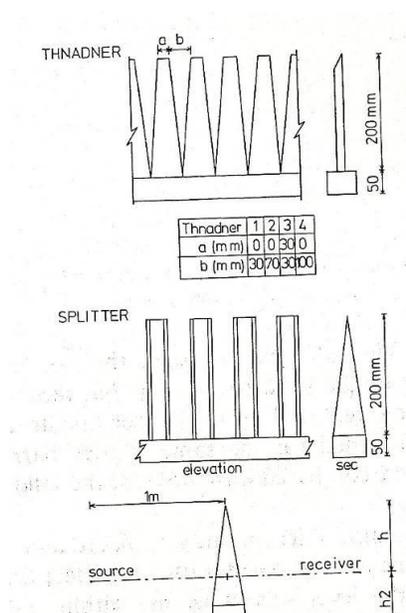
NOTA 2: A diferença padronizada de nível ponderada,  $D_{nT,w}$ , é o número único do isolamento de ruído aéreo em edificações, derivado dos valores em bandas de oitava ou de terço de oitava da diferença padronizada de nível,  $D_{nT}$ , entre ambientes de acordo com o procedimento na ISO 717-1.

NOTA 3: “I” significa intermediário e “S” significa superior.

Com o propósito de investigar o desempenho acústico de fachadas de edificações nos climas quentes, Hammad e Gibbs (1983 e 1987) investigaram três elementos arquitetônicos, utilizados nessas regiões, em modelos de escala reduzida (1/10). Os elementos avaliados foram os pátios, as varandas e os anteparos convencionais das fachadas. O objetivo dessas investigações foi fornecer informações práticas para os arquitetos na elaboração dos projetos das fachadas e esclarecer que pequenas modificações no desenho das edificações podem proporcionar proteção adicional sonora sem comprometer outros requisitos ambientais.

Em pesquisas realizadas para investigar o comportamento acústico em pátios usuais das regiões de clima quente, Hammad e Gibbs (1983) avaliaram o desempenho acústico de pátios, utilizando duas situações de anteparos perfurados com geometria incomum, cobertos com espumas plásticas de coeficiente de absorção maior de 0,8 nas frequências acima de 1000Hz

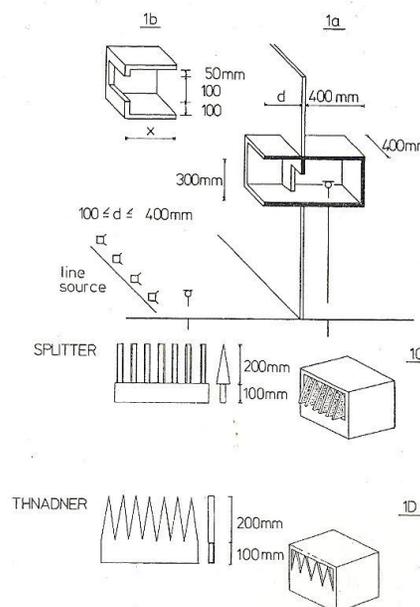
(Figura 4.2). Nas duas situações investigadas, os autores utilizaram um modelo reduzido, em escala de 1/10, cujos desenhos (thnadner e splitter) apresentavam comportamento acusticamente diferenciado. Segundo os autores, os resultados dessa pesquisa no modelo reduzido, ao serem utilizados estes elementos como anteparos perfurados como parte de um pátio, foi apresentada uma considerável redução do ruído de tráfego, na mesma ordem de grandeza que uma parede sólida.



**Figura 4.2:** Dimensões e formas dos módulos utilizados como barreira: thnadner e splitter. Fonte: (HAMMAD e GIBBS, 1983)

Na segunda pesquisa com varandas fechadas, Hammad e Gibbs (1983), também utilizando modelos reduzidos em escala de 1/10, investigaram algumas combinações de varandas abertas. As varandas eram abertas para a rua, mas com todas as outras superfícies desse elemento fechadas, isto é, com teto e paredes laterais construídas com aplicação de anteparos perfurados de geometria incomum com 20 mm de espessura, as quais tinham o papel de reduzir o som refletido. A variação da varanda foi na verticalidade, simulando pavimentos diferentes, como também na profundidade dessa. Assim, fica clara a alteração do ângulo de incidência do som no objeto estudado (Figura 4.3). Os resultados indicaram que a proteção foi pequena e as frequências invariáveis quando o receptor estava exposto à transmissão direta. A proteção aumentava diante

da ampliação do ângulo de incidência do som e da profundidade da varanda, tornando-se dependente da frequência, quando era colocado um anteparo na transmissão direta entre a fonte e o receptor. A proteção de varandas convencionais variou entre 2 dB a 8 dB, em todas as faixas de frequências de 200Hz a 4KHz, quando a profundidade da varanda é menor que 2m e /ou o piso está a um ângulo de incidência menor que 30°. Outra investigação incluída neste trabalho foi relacionada a colocação de material absorvedor na superfície do teto da varanda. O resultado da aplicação desse material passou a ser considerado apenas para as varandas acima do segundo e terceiro pavimentos nas varandas, com profundidade de 3m e 2m respectivamente, onde, sem material absorvedor, o aumento na área de exposição da varanda aumentará o componente do som refletido dentro do ambiente. A colocação de uma parede de anteparo (peitoril) de 1 m na parede frontal da varanda que dá para rua, com 500 mm de espessura, reduziu a área de exposição estudada. Com esta aplicação, o desempenho acústico variou entre 6 dB(A) no primeiro andar e 2 dB(A), no terceiro andar, com uma varanda de 4 m de profundidade. Para todos os andares com profundidade de 1 m, o desempenho acústico foi aproximadamente de 5 dB(A). Fica claro, portanto, que essa parede de anteparo é uma barreira do caminho do som direto, mais importante para andares baixos e varandas estreitas.



**Figura 4.3:** Variáveis e layout experimental. 1(a) Varanda fechada; 1(b) varanda fechada e parede fina sólida; 1(c) varanda fechada com painel splitter e 1(d) varanda fechada com painel thnadner.

Na terceira parte da pesquisa com anteparos convencionais, Hammad e Gibbs (1987) pesquisaram o desempenho acústico de 3 andares da fachada de um edifício existente (8º, 11º e 13º andar) com 35% de perfurações regulares executadas em bloco de concreto. Esse trabalho pesquisa envolveu pesquisa em campo, baseando-se na ISO 140-4 e modelos reduzidos. Os resultados encontrados apresentaram o índice de redução sonora da fachada em estudo de 5dB, 6dB e 7dB para o 13º, 11º e 8º andares respectivamente. Isso significa que, em andares mais baixos (com ângulos de incidência menores que 30º), a proteção diminui com o aumento da altura. Nos modelos reduzidos utilizados com anteparos regulares perfurados, o desempenho apresentado foi entre 15dB(A) no 1º andar e 23dB(A) no 5º andar.

Os sistemas de vedação das janelas nas fachadas merecem uma atenção especial nas secções transversais das suas molduras, pois imperfeições podem levar à redução do desempenho acústico dos espaços internos e, assim, o desenho da fachada pode ser prejudicado com passagem extra de ruído. Lewis (1979) examinou o isolamento sonoro de janelas sem vedação com diferentes secções transversais de molduras, como janelas com secções retangulares transversais de madeira e outras com janelas em aço. Os resultados mostraram que uma janela de aço sem vedação apresenta menor isolamento sonoro que uma janela sem vedação de madeira para detalhes com espaços abertos de mesma altura e comprimento. A diferença do isolamento sonoro é mais dependente da forma da secção transversal da moldura da janela do que da largura do espaço de vazamento em que ocorre.

A presença de edificações próximas a rodovias, analisada por Chew e Lim (1994), revela que o nível estatístico  $L_{10}$  aumenta em torno de 2,5 dB(A) a 1 m da fachada. Para rodovias com edificações em ambos os lados, esse valor pode ser maior que 10 dB(A). O efeito da fachada só é significativo quando a rodovia está próxima ao edifício e essas distâncias com proximidades menores que 20 m.. Para distâncias maiores que 20 m do edifício, esse efeito é desconsiderado.

Mohsen e Oldham (1977) descrevem a importância de auto-proteção em edifícios cujo objetivo é reduzir o incômodo do ruído de tráfego, utilizando-se barreiras acústicas nos pontos fragilizados da fachada contra exposições diretas do ruído externo. Exemplos destas configurações como anteparos para proteger a edificação são: o uso de varandas, pátios e reentrâncias na edificação. Nessa pesquisa, a utilização da varanda é investigada, como artifício

de auto-proteção da edificação, analisando a edificação antes e depois da aplicação dessa configuração. Os resultados revelaram uma diferença de atenuação entre o antes e o depois da aplicação do elemento de fachada da ordem de 5,5 dB no nível estatístico  $L_{10}$  e de 4,0 dB no nível estatístico  $L_{90}$ .

Em outra pesquisa, Oldham e Mohsen (1979) investigam o ruído nos edifícios com auto-proteção, relacionando-os com a geometria nas unidades. Foram utilizados dois tipos distintos de edifícios com auto-proteção. O primeiro consistiu daqueles em que o elemento de anteparo é similar a uma varanda fechada (isto é, varandas com parapeitos sólidos) e incluem todas as variedades de pátios. O segundo grupo consiste dos tipos em que o elemento de anteparo é similar a uma varanda aberta (isto é, varandas com parapeito perfurado ou gradeado). Nesse grupo, foram incluídos edifícios com reentrâncias e todos os edifícios com pátio. O trabalho demonstrou que edifícios com formas de auto-proteção podem reduzir o nível sonoro do ruído de tráfego na edificação. Em situações em que o pátio seja de parede leve, próxima à rodovia, a atenuação do nível estatístico  $L_{10}$  foi da ordem de 12 dB(A), enquanto que para pátios fechados acima do 4º andar, o valor foi da ordem de 8dB(A). O que determinará a aplicação dessas formas de edificação será o nível de ruído externo encontrado e o nível aceitável do ruído interno.

Casas com pátios são formas tradicionais de construções em muitos países e, nas regiões de clima quente esta estratégia de projeto não deve ser esquecida. Nesse tipo de edificação, as paredes externas não possuem aberturas, e as janelas são voltadas para um pátio, permitindo apenas a visão do céu. Por conta desses conceitos, esse tipo de edificação foi expandido em muitas regiões urbanas onde a presença do ruído era predominante. Considerando essa edificação como um muro exterior, Ettouney e Fricke (1973) pesquisaram a atenuação sonora em pátios, considerando os efeitos da dimensão, da configuração espacial, porosidade e absorção das superfícies próximas, e distâncias de pequenas fontes à barreira. Esse trabalho concluiu que edificações com pátios podem ser localizadas muito próximas de fontes ruidosas para se obter a atenuação máxima possível. A edificação servirá de escudo para o ruído. É uma estratégia bastante aplicável para o planejamento urbano, enquanto o problema não for pela distância da fonte sonora. A profundidade dos pátios deve ser mantida mínima para obter a atenuação sonora máxima nas paredes posteriores do pátio. Algumas conclusões desse trabalho merecem ser

mencionadas: quanto mais próximo estiver o pátio da fonte sonora, menor o nível de pressão sonora na parede da retaguarda, e dentro do receptor sonoro do pátio. O nível sonoro, dentro do pátio e na sua retaguarda aumenta com o aumento da altura da fonte. Quanto mais próximo o receptor do pátio da parede de fora, maior a atenuação. A presença da vegetação e de bons tratamentos de absorção para o chão e outras superfícies circunvizinhas fornece pátios mais silenciosos e melhores ambientes internos.

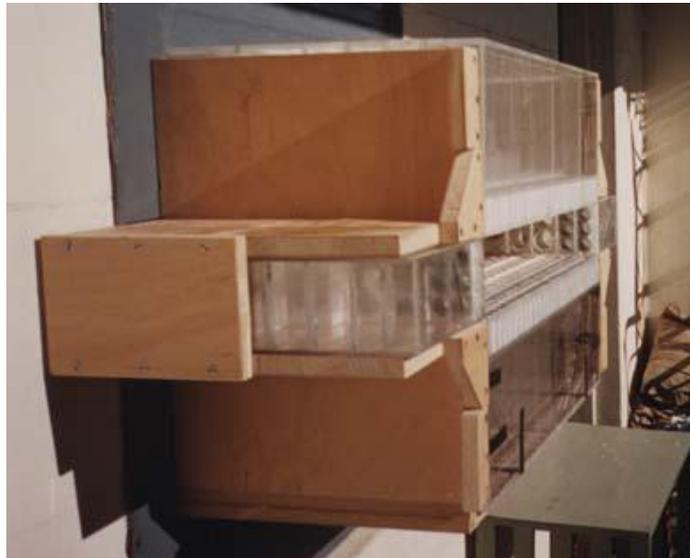
Viveiros, Gibbs e Gerges (2002) estudaram a atenuação sonora de brises acústicos, utilizando como método para a medição do isolamento sonoro a análise de respostas impulsivas. Com essa técnica, o coeficiente de transmissão sonora foi medido em diferentes ângulos de incidência e a perda de transmissão angular calculada. Nas frequências baixas, o estudo relata que a transmissão é gerada pelos efeitos das camadas da massa. Os valores da perda de transmissão são independentes do ângulo de incidência. Para as frequências médias e altas, a difração, interferência e absorção determinam o desempenho dos brises e uma dependência angular pode ser observada. Para os casos estudados, a geometria das lâminas teve uma pequena interferência na transmissão das baixas frequências e a massa das lâminas teve pouca influência nas altas.

El-Dien e Hossam (2003) pesquisaram o campo sonoro encontrado em varandas (2 m) de edificações próximas ao ruído de tráfego, cujas variantes eram a inclinação do teto (5°, 10° e 15°), a inclinação do peitoril frontal da varanda (15°, 30°, -15° e -30°) e formas combinadas com os melhores resultados dos itens anteriores. Utilizando os tetos das varandas inclinados, os resultados da redução sonora apresentaram, que quanto maior a altura do pavimento, maior a proteção sonora variando de 0,5 a 4dB(A). Com o peitoril inclinado, a redução sonora nos pavimentos mais altos não foi expressiva, porém observou-se que os ângulos positivos são mais efetivos. Na combinação das formas, os pavimentos superiores podem apresentar melhor desempenho ao serem acrescidos com uma proteção adicional entre 0,5 a 1dB(A).

Ng e Chu (2004) pesquisaram também a eficiência sonora das varandas das edificações e concluíram que a presença de parapeitos ou peitoris das varandas nas edificações fornecem proteção limitada adicional de apenas 1,0dB(A) em comparação com janelas convencionais.

Field (2004) procurou aperfeiçoar o desenho de um atenuador de ruídos para edificações que utilizem ventilação natural. Seus primeiros experimentos foram iniciados em 1999 (Figura

4.4) e, a seguir, aperfeiçoados em outras pesquisas (Figura 4.5), com o objetivo de serem, de fato, instalados em fachadas e assim ser melhorado o nível de redução sonora externa dentro das edificações, utilizando-se controle passivo de ruído. A intenção desse experimento foi maximizar a ventilação natural e minimizar a intrusão de ruídos internos. A forma da abertura para ventilação baseou-se em considerações aerodinâmicas, minimizando a queda de pressão e facilitando o movimento de ar dentro da edificação. A área total da abertura representou 5400mm<sup>2</sup>. A área dita aberta para ventilação representou 17% da área total do protótipo, o desenhado em forma de módulos para que possam, se necessário, ser colocados juntos para facilitar aumento do fluxo de ar para dentro da edificação. O experimento consistiu de quatro ressonadores de ondas arranjados enfileirados, voltados para frequências específicas. Os resultados de isolamento apresentaram um Índice de Redução Sonora Ponderado, (Rw), de 22dB. A variação do desempenho acústico, em função da frequência encontrada, apresentou valores significativos nas frequências de 400Hz a 4kHz; mas, nas frequências baixas entre 160Hz a 200Hz, esses valores foram baixos e, segundo o autor, estes valores devem ter sido por conta da frequência de ressonância do protótipo pesquisado.



**Figura 4. 4:** Primeiro protótipo do atenuador desenvolvido por Field. Fonte: Field(2004)



**Figura 4.5:** Último protótipo do atenuador desenvolvido por Field. Fonte: Field(2004)

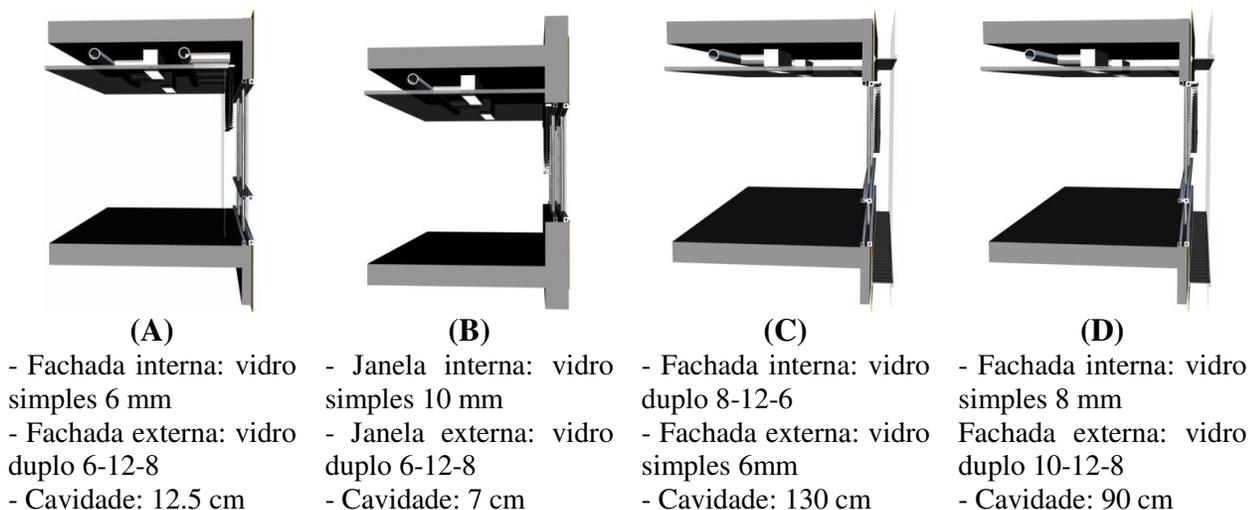
Dien e Woloszyn (2005) apresentaram pesquisas também em fachadas investigando a profundidade de algumas varandas de edifícios e alguns parapeitos. Essa pesquisa procurou diversificar várias profundidades de varandas com duas inclinações diferentes de parapeitos modelados em uma edificação de oito pavimentos. Foram feitas simulações medidas em uma maquete em escala. Os resultados foram calculados por equações que avaliam proteções por meio de parâmetros geométricos. Esses resultados apresentaram variações no isolamento acústico entre 4 a 8dB(A) e uma proteção adicional de 0,5dB(A) a 4dB(A), utilizando a inclinação do parapeito.

Lee et al (2007) investigaram o desempenho de fachadas diante do ruído de tráfego, comparando o desenho das varandas das edificações de um complexo de apartamentos situados próximos a uma rodovia. A primeira etapa destinou a medir as características acústicas externas e as condições sonoras dos apartamentos. Uma maquete foi feita na escala de 1:50 e, com variações de desenhos dos balcões, algumas investigações foram realizadas. A intenção foi conhecer as condições acústicas da região e investigar quais futuras intervenções poderiam ser feitas nas fachadas para melhorar o impacto acústico. Foram propostas seis modificações nas varandas, basicamente indicando combinações de superfícies absorventes inclinadas no teto e no parapeito,

chegando à máxima redução de 16dB em 1kHz em apartamentos únicos e, para o complexo de apartamento, redução de 10dB em 1KHz.

Matsumoto, Okubo e Yamamoto (2007) avaliaram em escala real a perda de inserção de brises absorvedores. Os resultados indicaram que o isolamento sonoro do brise absorvedor é afetado por estes fatores estruturais: área de absorção total por unidade de área do painel investigado e espaçamento das lâminas.

Pesquisas de isolamento de fachadas com vidro duplo ventilado foram realizadas por Blasco, Crispin e Ingelaere (2004). Essas janelas são compostas de duas lâminas completamente transparentes, ou não, com uma estratégia bem particular de ventilação as quais são diferenciadas em quatro categorias (Figura 4.6): ativos (possuem uma mecânica interno para ventilação), passiva (ventilação natural na cavidade com o ar exterior), interativa (utiliza ventilação natural mas com ajuda de um ventilador adicional) e finalmente híbrida (apresentam a combinam de diversos mecanismos para ventilação). Todos os elementos utilizados tiveram superfície de vidro especial, pelos lados internos e externos da fachada. O isolamento sonoro da fachada dessas janelas demonstraram ser melhor que as fachadas tradicionais apresentando valores de atenuação acima de 10dB. Merece ser destacado que é destacado nesse trabalho que o tipo da fachada (ativa, passiva ou interativa) escolhida depende das condições climáticas da região.



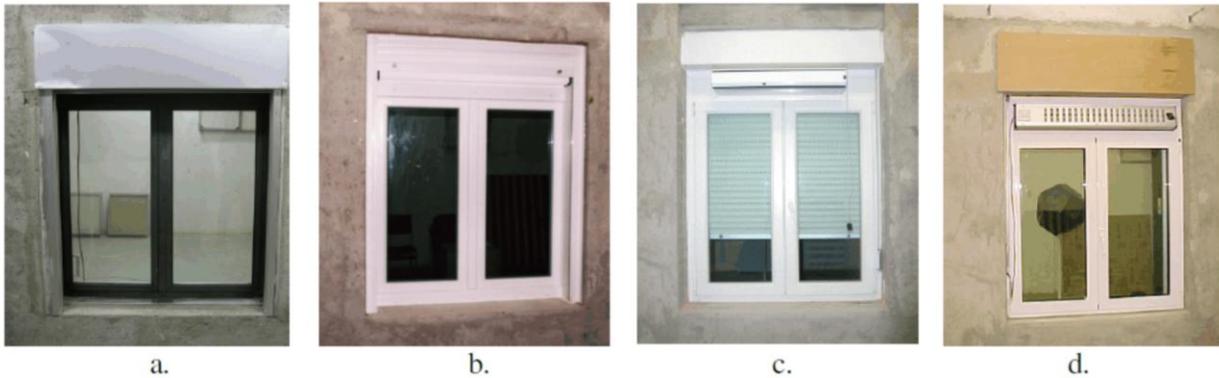
**Figura 4.6:** Diversas fachadas investigadas com vidro duplo ventilado. Fonte: Blasco, Crispin e Ingelaere (2004).

As persianas em rolo são comumente utilizadas como proteção da iluminação nos edifícios. Patrício e Bragança (2003) testaram esse elemento em diferentes situações: totalmente aberta, metade fechada (Figura 4.7(a)), totalmente fechada (Figura 4.7(b)). As medições apresentaram diferentes resultados. Obviamente os melhores resultados foram aqueles em que as janelas e persianas encontravam-se fechadas. O fato curioso apresentado foi que a presença da persiana parcialmente aberta apresentou Índice de Redução Sonora pior do que quando estavam abertas. Os resultados apresentados foram: com a janela e persiana aberta o isolamento sonoro foi de 16 a 17dB; com janela aberta e persiana metade fechada o isolamento sonoro foi de 14 a 15dB; com janela aberta e persiana parcialmente aberta o isolamento sonoro foi de 11 a 12dB e, nos casos com janela aberta e persiana fechada, o isolamento foi de 3 a 4 dB.



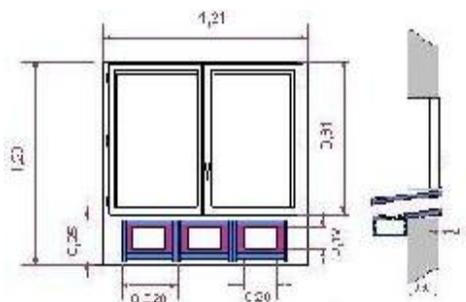
**Figura 4.7:** Persianas em rolo utilizadas como proteção da iluminação nos edifícios. Situações metade fechada (a) e totalmente fechada (b). Fonte: Patrício e Bragança (2003)

Asdruball, Burati e Bardinelli (2004) investigando diferentes protótipos de janelas com ventilação e alto isolamento acústico, duas com molduras em alumínio e duas com molduras de PVC (Figura 4.8). Os protótipos das janelas investigadas apresentavam detalhes construtivos diferentes nas suas montagens. Os resultados apresentados comprovaram a importância dos detalhes construtivos cuidadosamente elaborados na construção das janelas para atingir melhor desempenho acústico. Essas janelas especiais obtiveram melhores resultados que outras onde os detalhes construtivos não foram tão focados para o desempenho acústico. As janelas da pesquisa em PVC apresentaram melhor desempenho que as de alumínio.



**Figura 4.8:** Diferentes protótipos de janelas com ventilação e alto isolamento acústico, duas com molduras em alumínio (“a” e “d”) e duas com molduras de PVC (“b” e “c”). Fonte: Asdruball, Burati e Bardinelli (2004)

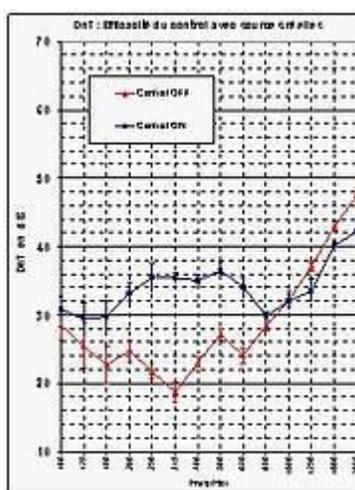
Em 2005, foi lançado, na Europa, um programa de pesquisa com o objetivo de investigar produtos que procurassem atender, ao mesmo tempo, conforto térmico e conforto acústico, tarefa bastante difícil, já que a escolha da melhora do desempenho de um é feita em detrimento do desempenho do outro. Julien Mailard do CSTB francês (Centre Technique et Scientifique du Batiment – Département Acoustique et Eclairage), esclarecem sobre o programa denominado “Programa Teria”, que consistiu na criação de uma janela isolante clássica, mas colocando, na parte de baixo, três orifícios de 20 cm x 13 cm que pudesse abrir para o ar penetrar (Figura 4.9 e Figura 4.10). Esses orifícios são equipados não apenas com materiais absorvedores, (técnica passiva) mas também com alto-falantes, gerando um “contra ruído”, isto é, uma onda acústica que impede o ruído exterior de entrar (técnica ativa). A combinação dessas duas técnicas de absorção do ruído, passiva e ativa, permitiu aumentar, de modo significativo, o isolamento total da janela aos ruídos exteriores, mantendo uma ventilação equivalente a de uma janela semi-aberta. Os resultados apresentados nessa pesquisa mostraram claramente uma Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $DnTw$ ) de 33dB (Figura 4.11).



**Figura 4.9:** Janela híbrida do “Programa Teria”. Fonte: acesso eletrônico, <http://www.teria.itc.cnr.it/AllestimentiSperimentali.htm> acesso em 08/04/2010

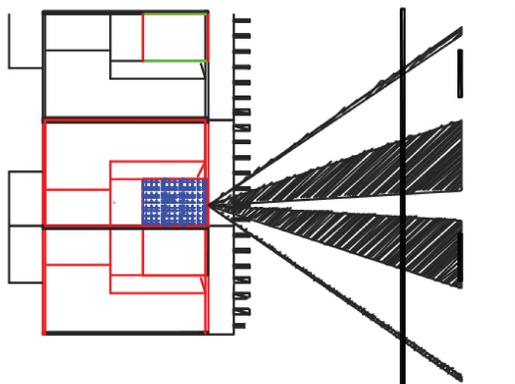


**Figura 4.10:** Janela híbrida do “Programa Teria”. Fonte: acesso eletrônico, <http://www.cstb.fr/actualites/webzine/thematiques/acoustique/projet-teria-pour-concilier-confort-thermique-et-acoustique.html> em 08/04/2010 em 08/04/2010

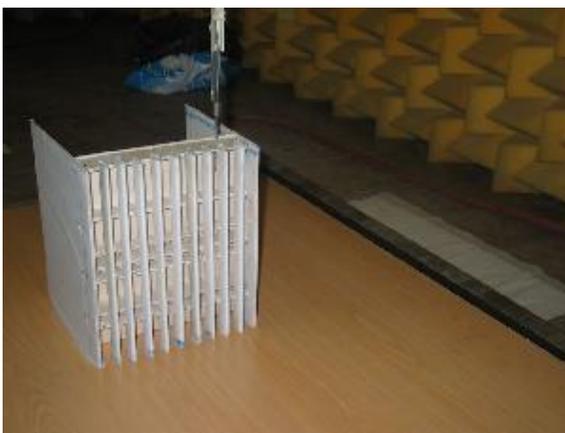


**Figura 4.11:** Desempenho de isolamento da janela investigada “Projeto Teria”, medida no local, em condições reais, orifícios abertos. O índice médio quando das passagens de aviões é de 33dB(A) com controladores de ruído (curva azul) e de 25dB(A) sem controladores de ruído (curva vermelha). Fonte: acesso eletrônico, <<http://www.cstb.fr/actualites/webzine/thematiques/acoustique/projet-teria-pour-concilier-confort-thermique-et-acoustique.html>>. Disponível em: 08 de abril de 2010.

Quando os edifícios estão situados em áreas próximas a rodovias, estações ferroviárias ou áreas industriais, o ruído proveniente dessas fontes deve ser minimizado para reduzir o nível de perturbação na vizinhança. Os recentes trabalhos de planejamento urbano e arquitetura mostram uma tendência de fazer uso de barreiras a pequenas distâncias das edificações de aproximadamente 1 a 3 metros. Essas barreiras podem ser usadas como varandas ou jardins de inverno, principalmente em regiões com climas que caracterizem áreas semi-abertas. Esses procedimentos agregam razões positivas e/ou negativas para a qualidade da edificação. Positivas por estarem abertas para a iluminação e ventilação; negativa, por necessitarem ser fechadas para o ruído. Na busca por soluções para esse impasse, Hardlooper e Cauberg (2004) propuseram investigar as propriedades acústicas de painéis abertos nas fachadas. Esses painéis, denominados “open noise screens” (painéis abertos para o ruído), são painéis verticais abertos (tipo brises), colocados em ângulos retos e perpendiculares na fachada, com afastamento de aproximadamente 1,5 m e com profundidade entre 0,5 e 1,0m, com distâncias mútuas de 1,0 m entre eles e espessuras de 0,2 m (Figura 4.12). Os painéis foram fabricados em alumínio ou aço perfurado, tendo um coeficiente de absorção de aproximadamente 0,8 nas frequências de 125 a 400Hz. Esses painéis foram estruturados com material absorvedor e com sua utilização indicaram resultados de isolamento sonoro com valores de  $\pm 15 \text{ dB}$ . Utilizaram dois parâmetros para investigação. Inicialmente, as pesquisas foram realizadas usando uma maquete em escala reduzida de 1:40 (Figura 4.13). As configurações e resultados de redução sonora desta investigação são apresentados na Tabela 4.2 e Figura 4.14.



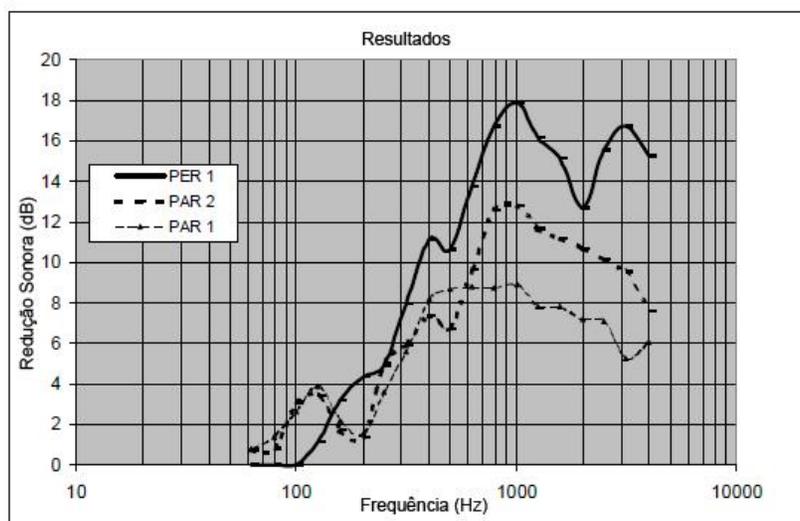
**Figura 4.12:** Planta baixa das edificações com “open screens”.  
Fonte: Hardlooper (2009)



**Figura 4.13:** Ilustração da maquete em escala reduzida.  
Fonte: Hardlooper (2009)

**Tabela 4.2:** Configuração dos modelos reduzidos para os painéis abertos investigados.  
Fonte: Hardlooper (2009)

Nome	Orientação da edificação com a rodovia	Comprimento do Painel (m)	Espessura do Painel (m)	Espaçamentos entre painéis (m)	Redução Sonora (dB)
PAR 1	Paralelo	1,0	0,2	1.0	8
PAR 2	Paralelo	1,0	0,2	0,5	9
PER 1	Perpendicular	1,0	0,2	1.0	12



**Figura 4.14:** Resultados das configurações dos modelos reduzidos para os painéis abertos investigados. Fonte: Hardlooper (2009)

A segunda etapa da pesquisa de Hardlooper (2009) foi investigada, utilizando os painéis em tamanho real (1:1) instalados num container em cima de um caminhão trailer de 40 pés de comprimento, (Figura 4.15). Para obter resultados acústicos mais precisos, para determinar a redução sonora entre várias combinações de distâncias dos painéis, foram considerados os ângulos dos painéis perante o ruído da estrada como fonte, e a orientação entre a estrada e o container. Os painéis do container poderiam variar entre  $0^\circ$  a  $30^\circ$ . Os dados apresentados, na Tabela 4.3, mostram uma variação da redução sonora de 9dB a 11dB, dependendo da distância dos painéis e do ângulo (posição) estabelecido entre o container e a estrada investigada. É interessante observar que, inclinando os painéis em  $30^\circ$ , a redução sonora ganhou 1.5 dB extra. Quando os painéis ficaram com orientação perpendicular a rua em relação a fonte sonora, a redução sonora foi maior que quando ficou paralelo a esta fonte sonora. Outro fator que Hardlooper (2009) apresentou nas suas pesquisas foi a significativa redução sonora nas altas frequências, 15dB em 4kHz (perpendicular, a 0,9m e a  $30^\circ$ ). Nas frequências abaixo de 125Hz, o pesquisador retrata que a redução sonora dos painéis podem ser negligenciadas e que, ao ser fechada metade das aberturas entre os painéis com vidro transparente, uma redução a mais de 3dB foi encontrada. Esse trabalho retrata que “open screens” (painéis abertos) têm demonstrando ser uma alternativa de sucesso para os tradicionais painéis fechados e que podem ser utilizados em residências.



**Figura 4.15:** Container utilizado na investigação. Fonte: Hardlooper (2009)

**Tabela 4.3:** Resultados das medições na investigação com o container.

Fonte: Hardlooper (2009)

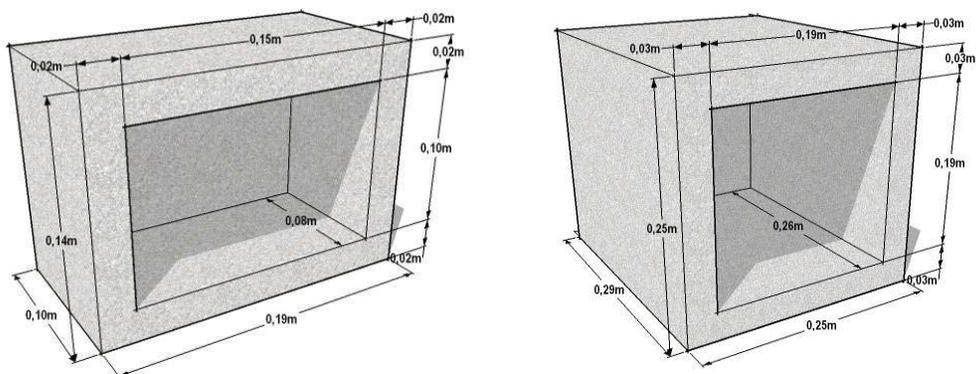
<b>Orientação</b>	<b>Distanciamento (m)</b>	<b>Ângulo</b>	<b>Redução Sonora (dB)</b>
<b>PER</b>	0,9	0°	11
<b>PER</b>	0,9	30°	13
<b>PER</b>	1,2	0°	9
<b>PER</b>	1,2	30°	11
<b>PER</b>	1,8	0°	6
<b>PER</b>	1,8	30°	8
<b>PER</b>	0,9	0°	8
<b>PER</b>	0,9	30°	9

A utilização de ressonadores de Helmholtz em barreiras acústicas para atenuação do ruído de tráfego, foi investigada por Lisot e Soares (2008). Para esse trabalho, foram inicialmente desenvolvidos ressonadores capazes de absorver o som em frequências específicas desejadas, conforme dimensionamento planejado. Esses ressonadores foram testados em câmara reverberante, para verificar se seus coeficientes de absorção atendiam às necessidade do projeto. Novas investigações foram realizadas com simulações com barreiras acústicas, utilizando o programa SoundPLAN e os mesmos tipos de barreiras foram construídas em escala 1:5 e testadas. Verificou-se que a utilização dos ressonadores em barreiras acústicas traz acréscimos significativos na atenuação do ruído de tráfego nas áreas adjacentes, na face das barreiras em que ocorre a geração do ruído. Segundo os autores, os ensaios realizados em câmara reverberante, com os ressonadores de Helmholtz desenvolvidos, mostram que estes absorvem com mais eficácia o ruído de tráfego em torno dos 200Hz, favorecendo o emprego dos mesmos em ambientes expostos ao ruído proveniente do tráfego de veículos, já que este se caracteriza por ser de baixas a médias frequências, trazendo benefícios em relação ao conforto acústico de usuários de áreas marginais a vias de tráfego intenso.

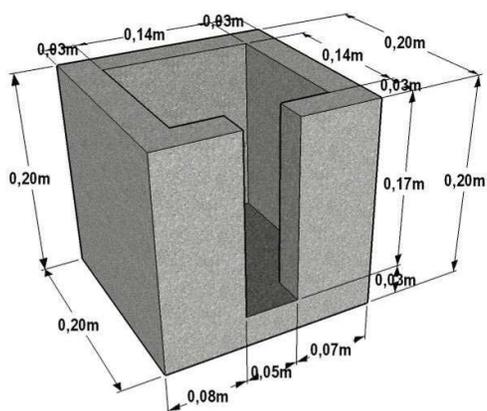
Araújo e Bistafa (2009), em trabalhos desenvolvidos sobre desempenho acústico de elementos vazados, buscaram alternativas de projeto que pudessem gerar menores impactos energéticos na arquitetura. Os elementos vazados são conhecidos como componentes arquitetônicos que proporcionam permanente ventilação natural, proteção solar e iluminação

natural, mas, como todo elemento passivo, o problema acústico passa a ser um fator desfavorável ao seu uso.

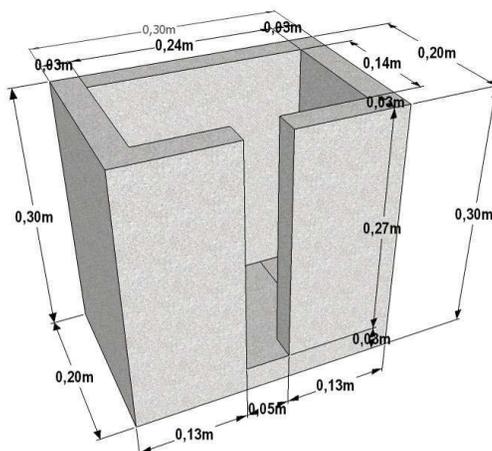
Araújo (2010) investigou as variantes acústicas envolvidas em uma proposta de elemento vazado, buscando através de um estudo geométrico de um elemento, utilizado na arquitetura, em especial no Nordeste brasileiro, denominado “cobogó”, equilibrar entre as variáveis dos materiais, como absorção e isolamento e a questão da promoção da ventilação e iluminação natural. Essa pesquisa foi baseada nos ressonadores de Helmholtz, para estudar as proporções das cavidades existentes. Após análises térmicas e acústicas dos elementos vazados proposto, as primeiras variações, em dimensões do bloco, inserção de material absorvente e dos espaçamentos das áreas vazadas (abertas) e proporções distintas, foram apresentadas. Paralelamente também foi definida uma geometria diferenciada para quatro elementos distintos, denominados: elemento “tipo 1 (P)”, elemento tipo 2 (G) (Figura 4.16) e elemento tipo 3 (caixa) (Figura 4.17) e elemento tipo 4 (caixa grande) (Figura 4.18) foram instalados em uma edificação (Figura 4.19) onde medições foram elaboradas de acordo com a norma ISO 140-5. As primeiras investigações foram realizadas com a edificação fechada, sem abertura para o exterior, a fim de comparar seu desempenho de isolamento. Em um segundo momento, cada um destes elementos foi testado aberto com 5 cm de espaçamento entre eles, a fim de comparar seu desempenho de isolamento. O elemento tipo 2 também foi investigado com espaçamentos de 10cm (Figura 4.19). Em outro momento foi inserida lã de vidro nas cavidades dos protótipos desenvolvidos (Figura 4.20). Em relação às áreas abertas foram calculadas as relações de cheios e vazios (áreas abertas e fechadas) da composição testada. A relação de área aberta para cada elemento foi de 19% para tipo 1, com maior área aberta; 13% para tipo 2 com espaçamento de 10cm; 12% com tipo 3; 9% para tipo 4 e com menor relação de abertura, 8%, o elemento tipo 2 cujo espaçamentos foram de 5cm.



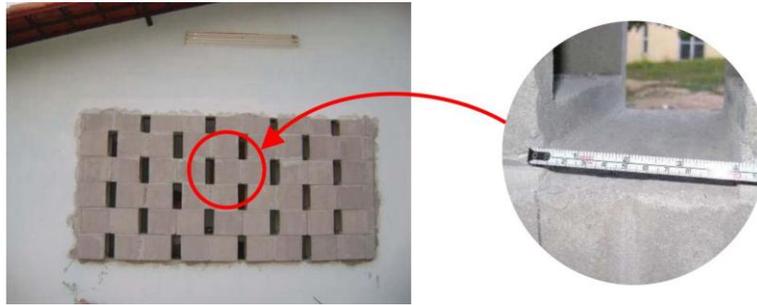
**Figura 4.16:** Desenho esquemático das dimensões do bloco caixa grande (tipo 2) e pequeno (tipo1). Fonte: Araújo (2010)



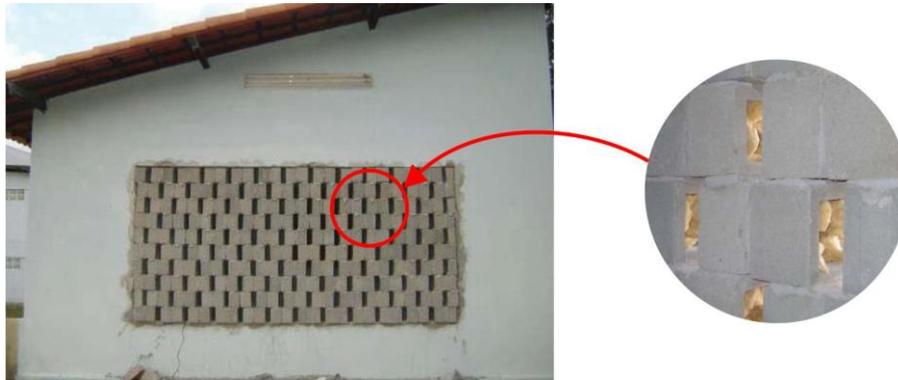
**Figura 4.17:** Desenho do elemento vazado caixa tipo 3. Fonte: Araújo (2010)



**Figura 4.18:** Desenho do elemento vazado: tipo 4 - caixa grande. Fonte: Araújo (2010)



**Figura 4.19 :** Parede de teste montado com bloco tipo 2 e com indicação do detalhe de separação bloco tipo 2 (sem lã de vidro) na parede de teste. Fonte: Araújo (2010)



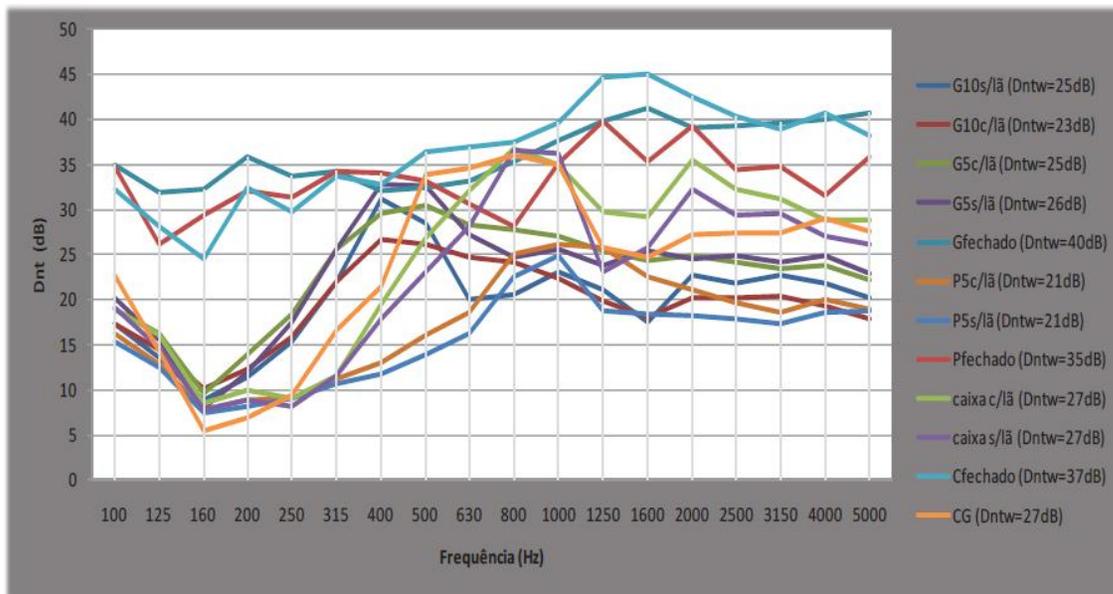
**Figura 4.20:** Parede de teste montado com bloco tipo 1 com indicação do detalhe de separação bloco tipo 1 (com lã de vidro) na parede de teste. Fonte: Araújo (2010)

Os resultados indicaram que o bloco assentado totalmente fechado é o que apresenta maior Índice de Redução Sonora, enquanto que a inserção da lã de vidro não altera significativamente o desempenho dos elementos vazados investigados. A Tabela 4.4 apresenta o resumo das características dos blocos desenvolvidos e avaliados com o respectivo desempenho global de isolamento sonoro. O bloco “caixa” grande apresentou melhor desempenho com  $DnTw'$  de 27dB, seguido da caixa grande com espaçamento de 5cm com  $DnTw'$  de 26dB sem lã de vidro. As tipologias independentes apresentaram melhores índices sem a presença da lã de vidro nas suas cavidades.

**Tabela 4.4:** Resumo das características dos blocos desenvolvidos e avaliados, com respectivo desempenho global de isolamento sonoro. Fonte: Araújo (2010).

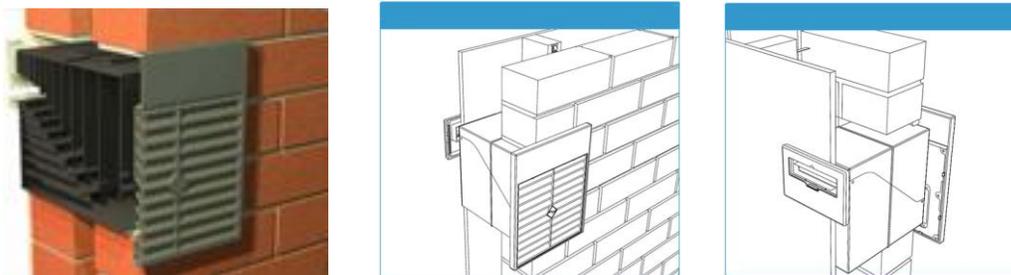
<b>CARACTERÍSTICAS E DESEMPENHO DE ELEMENTOS VAZADOS</b>						
<b>Tipo de Bloco</b>	<b>Condição</b>	<b>Abertura</b>	<b>Sigla</b>	<b>% de Área Abertura</b>	<b>DnTw (dB)</b>	<b>R'45w (dB)</b>
<b>Tipo 1 (Pequeno)</b>	Fechado	-	Pfechado	0	35	29
	Com lã de vidro	5 cm	P5 c/lã	19	21	15
	Sem lã de vidro	5 cm	P5 s/lã	19	21	15
<b>Tipo 2 (Grande)</b>	Fechado	-	Gfechado	0	40	36
	Com lã de vidro	5 cm	G5 c/lã	8	25	19
	Sem lã de vidro	5 cm	G5 s/lã	8	<b>26</b>	20
<b>Tipo 2 (Grande)</b>	Fechado	-	Gfechado	0	40	36
	Com lã de vidro	10 cm	G10 c/lã	13	23	17
	Sem lã de vidro	10 cm	G10 s/lã	13	<b>25</b>	19
<b>Tipo 3 (Caixa)</b>	Fechado	-	Cfechado	0	37	30
	Com lã de vidro	5 cm	C5 c/lã	12	27	21
	Sem lã de vidro	5 cm	C5 s/lã	12	<b>27</b>	21
<b>Tipo 4 (Caixa Grande)</b>	Sem lã de vidro	5 cm	CG	9	<b>27</b>	21

A Diferença Padronizada de Nível Ponderada em função da frequência, apresentado na investigação de isolamento sonoro dos elementos vazados por Araújo (2010) (Figura 4.21), mostra que os elementos investigados possuem melhor desempenho nas médias e altas frequências e, em grande parte dos experimentos, esse resultado apresentou uma perda de desempenho nas frequências próximas de 1600Hz. Nas baixas frequências, entre 160Hz e 200Hz, a curva espectral mostrou um baixo desempenho de apenas 5 a 10 dB.



**Figura 4.21:** Espectro sonoro em bandas de 1/3-oitava da Redução de Ruído Padrão (DnT) de todos os blocos estudados, com respectivo Índice de Redução de Ruído Padrão Global (DnTw). Fonte: Araújo (2010).

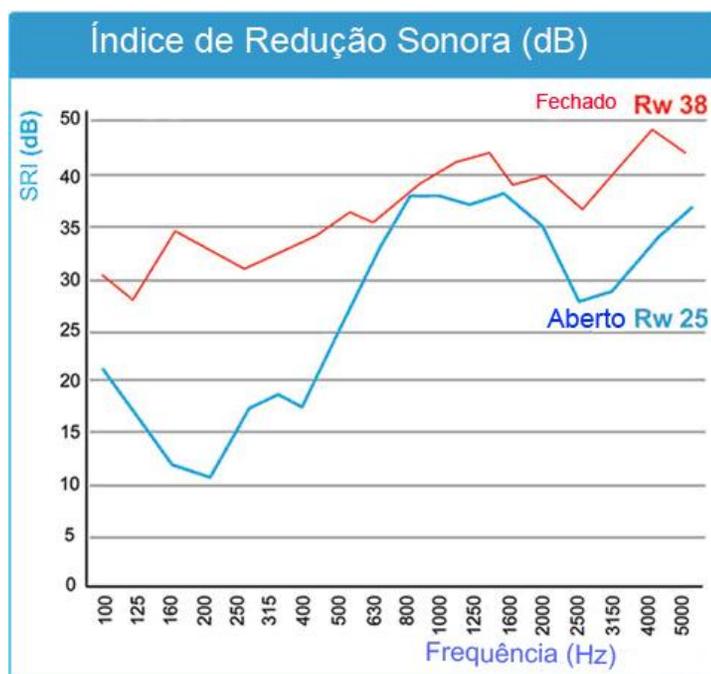
No campo industrial, alguns produtos já foram desenvolvidos na busca da integração entre conforto térmico versus conforto acústico. Esses produtos são considerados sistemas revolucionários para a construção civil sustentável, pois propagam novas oportunidades para serem mantidas as aberturas para ventilação natural, com redução do ruído externo, na magnitude de aproximadamente 85%. Este produto, denominado “*Silenceair*” (Figura 4.22), não necessita de energia para operação como também é manufaturado com materiais reciclados. Geralmente é utilizado como parte integrante da habitação ou para obtenção específica de ventilação e ruído em espaços especiais. As primeiras aplicações foram utilizadas em um complexo habitacional de apartamentos, Homebush Residential Flats, na cidade de Sidney, Austrália, construído em 2006 (Figura 4.23). Esses apartamentos foram construídos próximos a uma rodovia ruidosa o que caracterizou a sua eficiência na aplicação. O “*silenceair*” é constituído de dois tipos. O “*Silenceair 240mm wall vents*”, geralmente utilizado em paredes externas com maiores espessuras (240mm) e o “*Silenceair 140 wall vents*”, utilizado em espaços internos das edificações com paredes mais reduzidas de 140mm. Na Figura 4.24, é apresentado o gráfico do Índice de Redução Sonora apresentado no catálogo do “*Silenceair*”. É interessante observar que o espectro sonoro de 100Hz a 5000Hz tem um  $R_w$  de 27dB, ao ser utilizado aberto, e de 39dB, ao estar fechado com cavidades para passagem de ventilação na magnitude de 390mm x 140mm..



**Figura 4.22:** Produto “Silenceair” denominado “acoustics vent”. (a)foto, (b) vista externa e (c) vista interna.Fonte: <http://www.silenceair.com/site/silenceair-products.html#> > Disponível em 08 de abril de 2010.



**Figura 4.23:** Produto “Silenceair” denominado acoustics vent. Fonte: <http://www.silenceair.com/site/silenceair-products.html#> > Disponível em 08 de abril de 2010.



**Figura 4.24:** Gráfico do Índice de Redução Sonora (Rw) do produto silenceair. Fonte: <http://www.silenceair.com/site/professional.html> > Disponível em 04 de abril de 2010.

Além dos produtos mencionados (Silenceair), outras empresas, em escala residencial e industrial, desenvolveram pesquisas sempre buscando uma integração bioclimática. Na Europa, precisamente Inglaterra, encontram-se, no mercado, os produtos denominados “Acoustic Aircooler Ventilator” (ventiladores acústicos) do fabricante Passivent. Esse produto também é um componente arquitetônico usado nas fachadas (Figura 4.24), com o objetivo de reduzir o desempenho acústico e beneficiar a transferência de ar natural, geralmente necessário, quando a intenção é incrementar a ventilação natural nos projetos arquitetônicos cujas áreas de implantação sejam ruidosas.



(A)



(B)



(C)



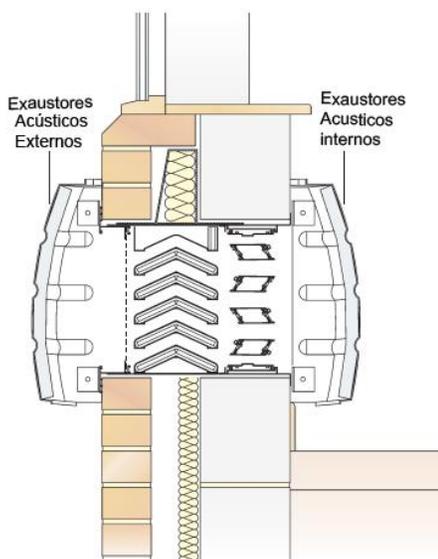
(D)

**Figura 4.25:** Exemplos (A, B, C e D) de utilização dos produtos da “Passivent”, em áreas residenciais e comerciais, para diminuição do ruído e beneficiar a ventilação natural. Fonte: Catálogos Aircool Ventilator-Passivent [www.assivent.com](http://www.assivent.com) Disponível em 08 de abril de 2010.

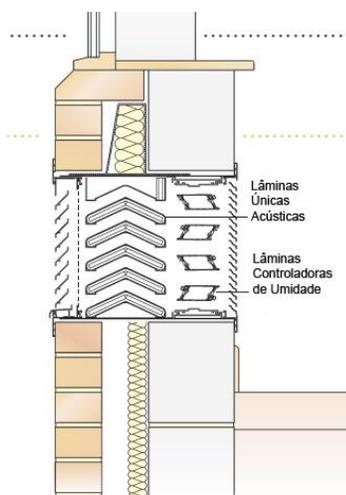
Este fabricante, “Passivent”, tem no mercado três diferentes tipologias, os quais diferem uma da outra com detalhes específicos, de acordo com a necessidade da área de implantação exigida para a redução do ruído: paredes acusticamente ventiladas com exaustores (“*Aircool acoustic wall ventilator with hood*”, Figura 4.25); com simples lâminas de proteção acústica (“*Aircool acoustic wall ventilator with single acoustic chevrons*”, Figura 4.26); e com duplas

## Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados

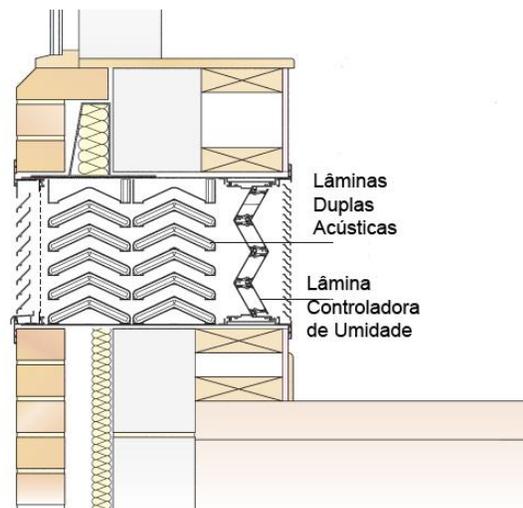
lâminas de proteção acústica (“Aircool acoustic wall ventilator with double acoustic chevrons”, Figura 4.27). O desempenho de atenuação acústica das tipologias mencionadas é de 30dB, 24dB e 26dB, respectivamente.



**Figura 4.26:** Desenho do “Aircool acoustic wall ventilator with hood” da Passivent. Dimensões de 787 x 315 x 265mm e  $D_{n,e,w}$  de 30 dB quando se encontra aberta. Fonte: Fonte: Catálogos Aircool Ventilator-Passivent [www.assivent.com](http://www.assivent.com) Disponível em 08 de abril de 2010.



**Figura 4.27:** Desenho do “Aircool acoustic wall ventilator with single acoustic chevrons” da Passivent. Dimensões de 797 x 315 x 330mm, com brises externos e brises acústicos internos.  $D_{n,e,w}$  de 24 dB quando se encontra aberta. Fonte: Fonte: Catálogos Aircool Ventilator-Passivent [www.assivent.com](http://www.assivent.com) Disponível em 08 de abril de 2010.



**Figura 4.28:** Desenho do “Aircool acoustic wall ventilator with double acoustic chevrons” da Passivent. Dimensões de 797 x 315 x 330mm, com brises externos e duplos brises acústicos internamente.  $D_{n,e,w}$  de 26 dB quando se encontra aberta. Fonte: Fonte: Catálogos Aircool Ventilator-Passivent [www.assivent.com](http://www.assivent.com) Disponível em 08 de abril de 2010.

Existe no mercado uma quantidade razoável de soluções para minimizar o impacto da ventilação com a acústica. Não cabe aqui citar fabricante por fabricante. No mercado europeu esses produtos são mais encontrados, uma vez que as normas de desempenho em vigor são muito mais rigorosas com a construção civil. As próximas figuras mostram diferentes tipologias que vão desde pequenos equipamentos agregados às janelas envidraçadas (Figuras 4.28 e 4.29), passando por grelhas acústicas (Figuras 4.30, 4.31 e 4.32), e chegando a brises acústicos (figura 4.33). Todos esses produtos têm o mesmo fim com desempenhos diferenciados que irão depender da exigência da edificação.



**Figura 4.29:** Tipo 1: Peças acopladas em janelas do fabricante “Renson”. Utilizadas para aeração com controle de ruído. Fonte: [www.renson.be](http://www.renson.be).



**Figura 4.30:** Tipo 2: Peças acopladas em janelas do fabricante “Renson”. Utilizadas para aeração com controle de ruído. Fonte: [www.renson.be](http://www.renson.be).



**Figura 4.31:** Tipologia : Renson 445/86 brises acústicos (grelhas) do fabricante “Renson”. Utilizados para agregar valores estéticos com redução de ruídos. Atenuação acústica com  $R_w$  de 6dB quando estão abertos. Fonte: [www.renson.be](http://www.renson.be).



**Figura 4.32:** Tipologia : Renson 446/150 brises de paredes do fabricante “Renson”. Utilizados para agregar valores estéticos com redução de ruídos. Atenuação acústica com  $R_w$  de 11dB quando estão abertos. Fonte: [www.renson.be](http://www.renson.be).



**Figura 4.33:** Tipologia : Renson 445/300 brises de paredes do fabricante “Renson”. Utilizados para agregar valores estéticos com redução de ruídos. Atenuação acústica de 16dB quando estão abertos. Fonte: [www.renson.be](http://www.renson.be).



**Figura 4.34:** Tipologia : Renson L.060AC Acoustic Linius do fabricante “Renson” utilizados para agregar valores estéticos com redução de ruídos. Atenuação acústica com  $R_w$  de 6dB quando estão abertos. Fonte: [www.renson.be](http://www.renson.be).

A diversidade de trabalhos voltados para a melhoria do desempenho acústico em fachadas seja através da criação de formas diferentes de varandas ou pátios, seja pela busca da melhoria das janelas e barreiras, é ressaltada, quando De Sallis, Oldham e Sharples (2002) apresentam uma revisão de técnicas importantes para compreensão do conflito entre ventilação e acústica. Todos estes relatos de pesquisas existentes sugerem que, para se obter melhores desempenhos acústicos nas fachadas, o projeto dos componentes desta fachada, janelas, aberturas, paredes e outros, merecem ser cuidadosamente detalhados visando criar elementos que tenham Índice Sonoros reduzidos.

Analisando o comportamento acústico das edificações, o controle do ruído deve ser pensado desde sua fase de concepção (projeto). A edificação deve estar em conformidade com seu entorno, onde cada unidade edificada ou a ser edificada, esteja integrada com as realidades específicas, envolvendo o exterior e interior. A acústica das edificações, sendo uma ciência interdisciplinar, deve ter por objetivo único a criação de ambientes com condições de conforto, em sentido amplo onde seu usuário possa estar enquadrado dentro de condições acústicas salubres e satisfatórias a sua qualidade de vida.

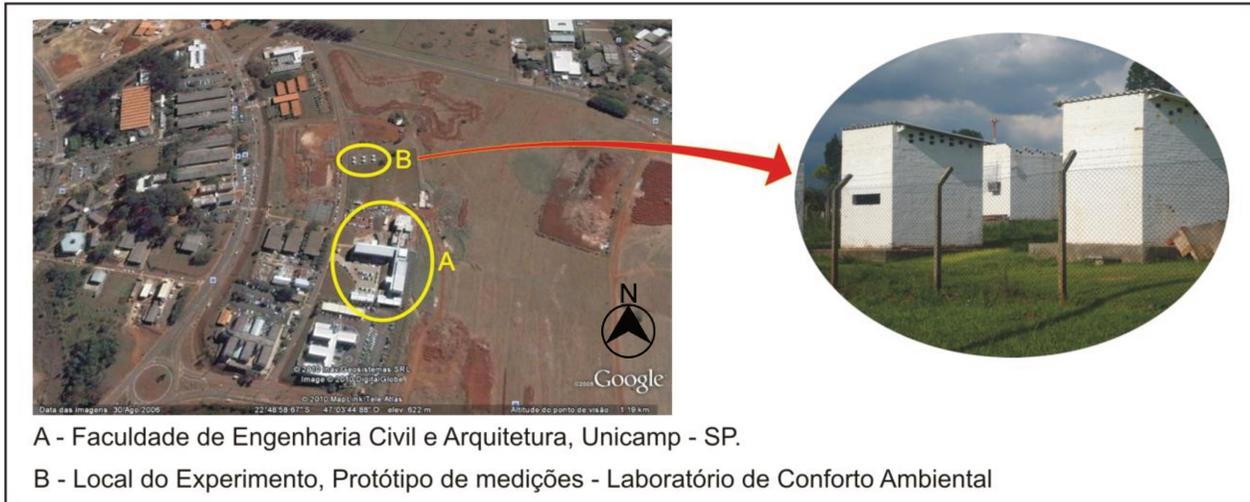
## **CAPÍTULO 5 - MATERIAIS E MÉTODOS**

Neste capítulo, são apresentados os materiais e métodos utilizados para se obter o desempenho acústico de diversas tipologias de peitoris ventilados, visando conhecer o comportamento acústico desses elementos, comumente utilizados nas estratégias passivas dos projetos arquitetônicos existentes em regiões de clima quente-úmido. Para tal, foi necessário escolher uma área de estudo que obedecesse às normas acústicas vigentes, encontrar uma edificação que possibilitasse a implantação dos peitoris ventilados, definir materiais construtivos do mercado da construção civil que atendessem às exigências para fabricação dos peitoris em conformidade com as condições das variações climáticas externas, à que as fachadas estão submetidas, definir as diferentes tipologias construtivas que deveriam ser investigadas, como também estabelecer procedimentos de medição a serem implantados para avaliação dos peitoris ventilados. Os resultados encontrados foram a Diferença Padronizada de Níveis Sonoros em função da frequência e a Diferença Padronizada de Níveis Sonoros Ponderada das diferentes tipologias do peitoril ventilado. Esses dados apresentam informações necessárias de desempenho acústico dos peitoris para que a sua aplicabilidade nas estratégias de projetos passivos pelos construtores e arquitetos dessas regiões possibilite uma maior adequação entre ventilação natural (conforto térmico), eficiência energética e isolamento acústico.

### **5.1 Local do experimento**

A área de estudo escolhida para realização dos ensaios acústicos encontra-se em uma região relativamente silenciosa, considerada dentro dos limites propostos pela norma brasileira NBR 10151(2000), com níveis de pressão sonora que variam entre 35 a 50 dB(A). As montagens dos peitoris ventilados e medições foram realizadas em protótipos de edificações existentes, em uma área destinada à pesquisa de Conforto Ambiental da Faculdade de Engenharia Civil,

Arquitetura e Urbanismo (FEC) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), em Campinas, São Paulo, Brasil (Figura 5.1).



**Figura 5.1:** Área de estudo: UNICAMP-SP, Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura. Local do experimento: Protótipos do Laboratório de Conforto Ambiental

O protótipo utilizado para as medições acústicas foi construído com tijolo de barro maciço sem revestimento ( $\frac{1}{2}$  tijolo / 10 cm espessura), assentado com argamassa comum de cimento, pintado na cor branca (interna e externamente) e montado sobre uma base de concreto que constitui o piso interno do ambiente. A cobertura é formada por uma laje pré-moldada recoberta com telha de fibro-cimento, pintada externamente e internamente de branco. As dimensões internas da edificação são de 2,00 x 2,50m, formando uma área útil de  $5,00\text{m}^2$ , altura de 2,40m, e volume interno de  $12,00\text{m}^3$ . A fachada maior está orientada a Norte/Sul (2,70m) onde, a princípio, encontrava-se uma janela de vidro fixa e na menor, Leste/Oeste (2,20m), existe uma abertura que foi utilizada para a colocação dos elementos avaliados. Na primeira parte das investigações, denominada “fase experimental”, praticamente nenhuma modificação foi feita no protótipo. Na segunda etapa das investigações, denominada “fase aplicativa”, as áreas destinadas para janelas foram fechadas com alvenaria e mantida apenas a abertura para a aplicação do peitoril ventilado.

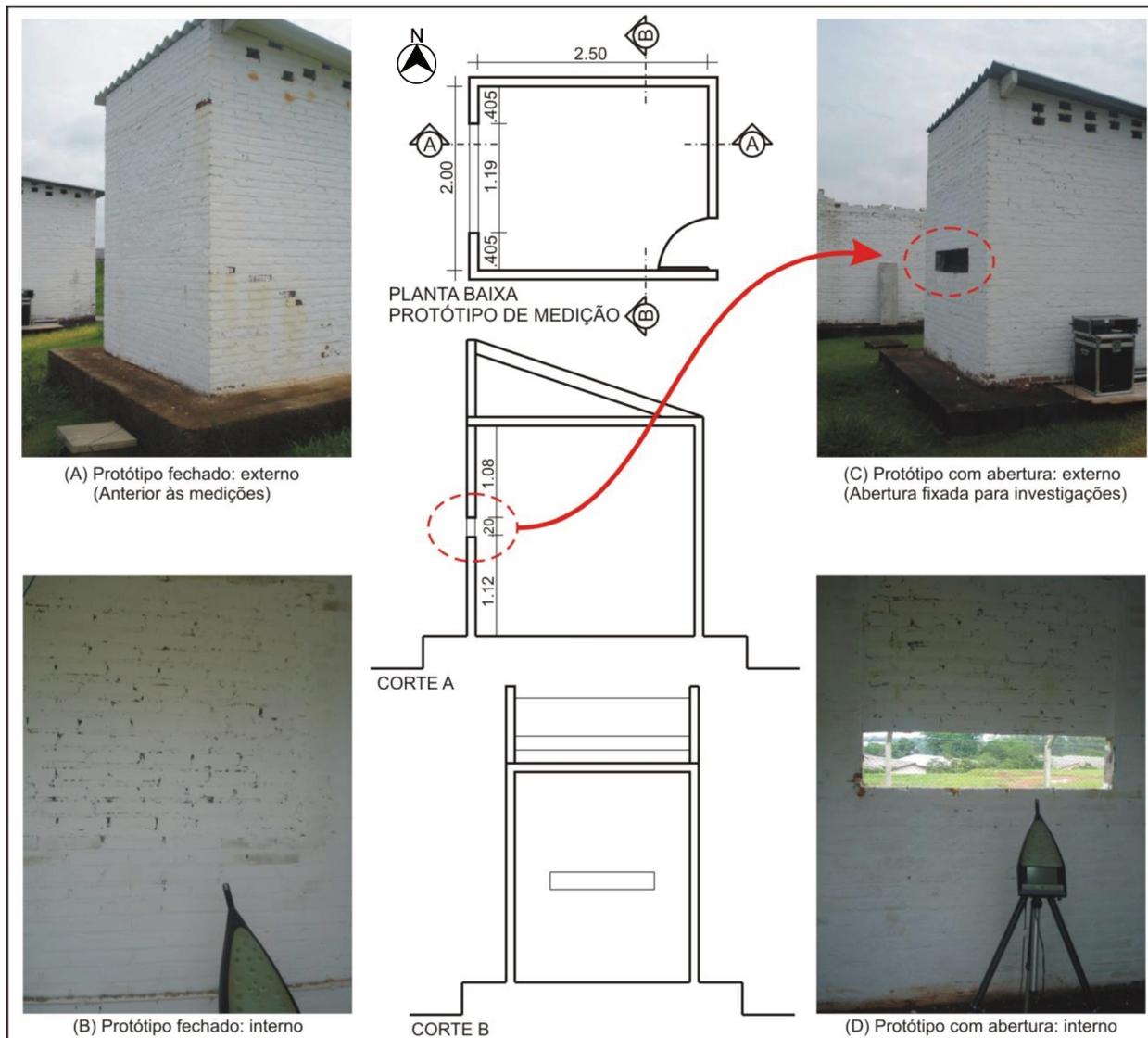
## **5.2 Objeto de estudo: “O peitoril ventilado”**

O peitoril ventilado é um elemento arquitetônico versátil nos aspectos relacionados a sua forma e dimensão. A implantação desse elemento em uma fachada requer definição da composição plástica e dos componentes construtivos. Para o conhecimento do desempenho acústico desse elemento, este trabalho teve como método conhecer algumas tipologias do peitoril ventilado, possíveis de serem utilizadas em fachadas e que serão, nas diversas etapas investigativas, definidas, esclarecidas e estabelecidas.

### **5.2.1 Definição do tamanho da abertura na parede estrutural**

A definição do design de um peitoril ventilado exige a presença de uma abertura a qual tem a função de condutor de vento, interligando o ambiente externo ao ambiente interno. A utilização dessa abertura possibilita positiva e/ou negativamente, dentre outras coisas, a passagem de sons indesejáveis penetrarem o ambiente. Para análise deste trabalho, ficou estabelecido que esta variante, a abertura, fosse fixa no desenvolvimento de todos os experimentos. Qualquer variação que existisse na composição plástica do peitoril seria assim na forma do condutor (o peitoril) e não na área da abertura. A definição do dimensionamento “estrito” dessa abertura para as investigações ocorreu por ter sido questionado a arquitetos e usuários das edificações com peitoris, que o item segurança é um fator importante no projeto, uma vez que estes podem ser mantidos abertos ou fechados por basculantes móveis, conforme exigências ambientais de conforto térmico e/ou acústico necessárias para o interior dos ambientes e também exigências do usuário. Convém salientar que o peitoril ventilado é utilizado como abertura complementar para condução da passagem do ar. As janelas, por ventura existentes nas paredes do local do experimento, foram excluídas do processo de investigação, uma vez que se queria analisar apenas o desempenho acústico do elemento denominado peitoril ventilado. Na Figura 5.2, pode-se observar o protótipo utilizado para as investigações em duas situações: a situação denominada “protótipo fechado”, situação do protótipo antes de iniciar as investigações cujos dados serviriam

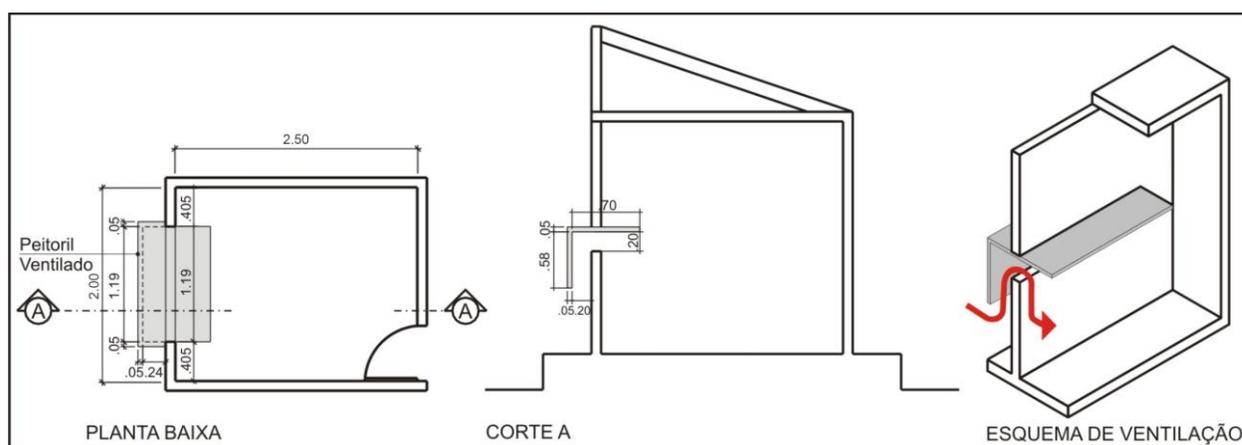
de dados comparativos para o melhor desempenho já que o protótipo apresentava parede sem presença nenhuma de aberturas, e a denominada “protótipo com abertura” que representa a situação onde o protótipo apresenta a implantação de uma abertura, com dimensões de: 1.19m de largura, 0.20m de altura e distanciadas do piso a 1.12m. Essa abertura foi utilizada no transcorrer das investigações como elemento agregado às diferentes tipologias dos peitoris.



**Figura 5.2:** Protótipo para medições: planta baixa e corte com a implantação da abertura. Vista “A” e “B” do protótipo anteriormente às investigações, protótipo fechado, e a posterior, vista “C” e “D”, protótipo com implantação da abertura.

## 5.2.2 Implantação do objeto de estudo na parede estrutural

A implantação do peitoril ventilado no local do experimento conforme Figura 5.3, deu-se na parte central de uma das paredes externas do protótipo, estruturando-se na superfície superior da abertura sem que seu posicionamento interferisse nas dimensões pré-estabelecidas. Os procedimentos de escolha das dimensões para montagem dos peitoris ventilados serão justificados no item 5.2.4.



**Figura 5.3:** Implantação do peitoril ventilado na parede estrutural do protótipo de medições

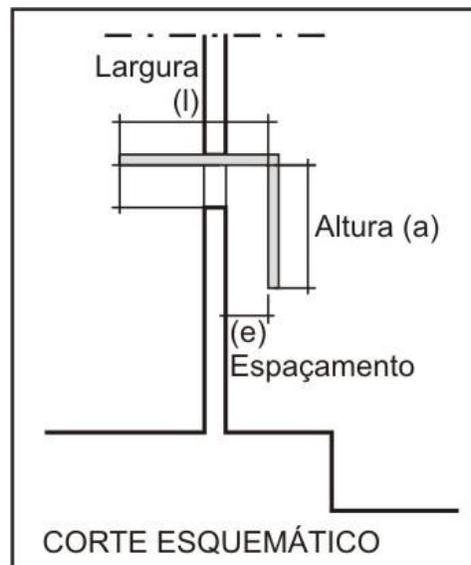
## 5.2.3 Variantes do peitoril ventilado

Para estabelecer e determinar as variantes para estruturação do peitoril ventilado em diversas situações, este trabalho constituiu-se de uma série de investigações que serão explicadas nas diversas fases do trabalho. Na “fase experimental”, primeira etapa da pesquisa, coube encontrar as melhores variantes para definição de um padrão de projeto de peitoril ventilado e assim obter melhores desempenhos da atenuação do ruído. Na segunda etapa, foram definidas as características construtivas dos peitoris ventilados, traçando-se as diversas tipologias a serem analisadas. Alguns aspectos relevantes para definição dessas tipologias serão ressaltados no

desenrolar deste capítulo como: a forma, a composição plástica e o sistema construtivo do peitoril ventilado.

A forma do peitoril ventilado sempre surgiu em função da composição plástica a qual o arquiteto gostaria de propor na sua fachada, tendo sempre o objetivo da integração climática exterior e interior. Entre as mais diversas formas de peitoril ventilado, encontram-se: ortogonal, inclinado e curvo. A forma definida para investigação deste trabalho foi do “peitoril ortogonal”, por ser uma ferramenta bastante utilizada em diversos segmentos da construção civil e também por ser um elemento de fácil fabricação e que atende a vários segmentos sociais.

Como todo elemento arquitetônico implantado a uma fachada, sua composição é composta de uma figura tridimensional a qual deverá estar inserida e integrada à edificação. O peitoril ventilado não foge à esta regra, pois, para essa integração com a edificação, é necessário que algumas dimensões sejam determinadas. São elas: espaçamento do peitoril com a edificação (e), altura do elemento externo do peitoril ventilado (lamina vertical) (a) e largura do elemento (comprimento horizontal) do peitoril ventilado (l) (Figura 5.4). Alguns aspectos para definição dessas dimensões serão explicados a seguir.



**Figura 5.4:** Composição plástica da forma do peitoril ventilado para definição das suas dimensões: Espaçamento(e), Altura(a) e Largura(l)

- **Espaçamento do peitoril com a edificação (e);**

Nos peitoris ortogonais, o espaçamento referencia a distância interna entre o elemento de fachada e a fachada. Para a definição desse item, dois fatores são comumente pensados para sua implantação e assim merecem ser ressaltados: segurança e manutenção. Para segurança, o peitoril não deve ter largos espaçamentos, para ser dificultada a passagem de pessoas quando esses peitoris estiverem localizados em fachadas térreas. Quanto ao aspecto refere-se à manutenção, a cavidade da parte interna do elemento de fachada, não deve ser muito próxima da parede da fachada, pois essa proximidade dificulta possíveis reparos estruturais, no caso de edifícios verticais com muitos pavimentos. Para definição do item espaçamento do peitoril ventilado, o critério obedecido nas duas fases das investigações foi a lâmina vertical com afastamento (espaçamento) de 0,20 m da parede estrutural da edificação (Figura 5.5).

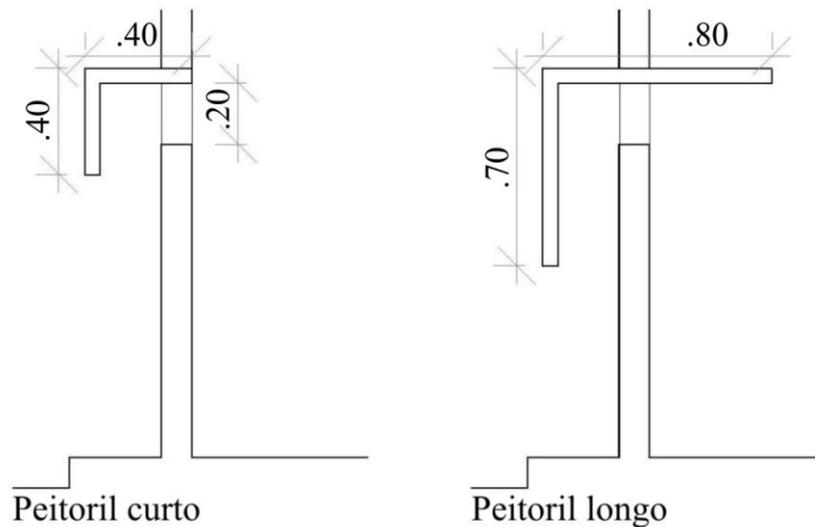
- **Altura (lâmina vertical externo) do peitoril ventilado (a);**

A altura do peitoril ventilado, denominada de lâmina vertical, foi determinada em função da aplicabilidade desse elemento em janelas de edificações térreas e/ou em janelas de edificações com vários níveis de pavimentos. Para essa investigação, foram observados os dutos longos e curtos de ventilação, sendo apresentados nos desenhos desse elemento arquitetônico. Na primeira etapa da fase experimental, foram estabelecidas alturas diferentes do peitoril ventilado, denominados altura longa e curta. A “altura longa” (aL), lâmina vertical externa, teve a dimensão de 0.70m, contando com a espessura do peitoril (0.10m). A “altura curta” (aC), lâmina externa vertical foi dimensionada em 0.40m com a espessura do material (0.10m). Estes elementos podem ser visualizados na Figura 5.5.

- **Largura superior (comprimento horizontal) do peitoril ventilado (l).**

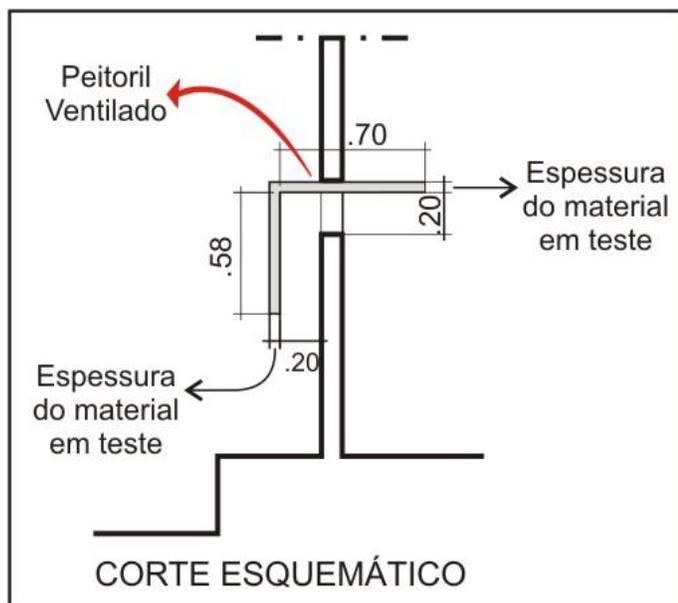
A largura do peitoril ventilado é determinada pela lâmina superior do peitoril, colocada geralmente acima da abertura, local onde a estrutura da janela envidraçada propriamente dita ficará apoiada. Essa lamina superior poderá ter como limitador para o seu comprimento a maior distância externa até a parede estrutural da edificação, comprimento externo ou comprimento externo mais comprimento interno, isto é, esse elemento poderá ser projetado

avançando dentro da edificação, criando um condutor de ar também pelo lado interno da edificação. Na “fase experimental”, primeira fase, foram estabelecidas as dimensões largura longa (IL) e largura curta (IC) do peitoril. No peitoril com largura curta, ficou definida a sua construção sem avanço interno na edificação, onde o seu comprimento finalizou na caixa da esquadria da janela, representando um comprimento de 0.40m, composto de 0.20m do espaçamento do peitoril ventilado e 0.20m referentes à espessura da parede e do material. No peitoril com largura longa, as dimensões totalizaram 0.80m. Esse valor refere-se a 0,30m do avanço externo + 0.10m da alvenaria + 0,40m do avanço interno (Figura 5.5).



**Figura 5.5:** Peitoril denominado mais longo e mais curto (altura e largura)

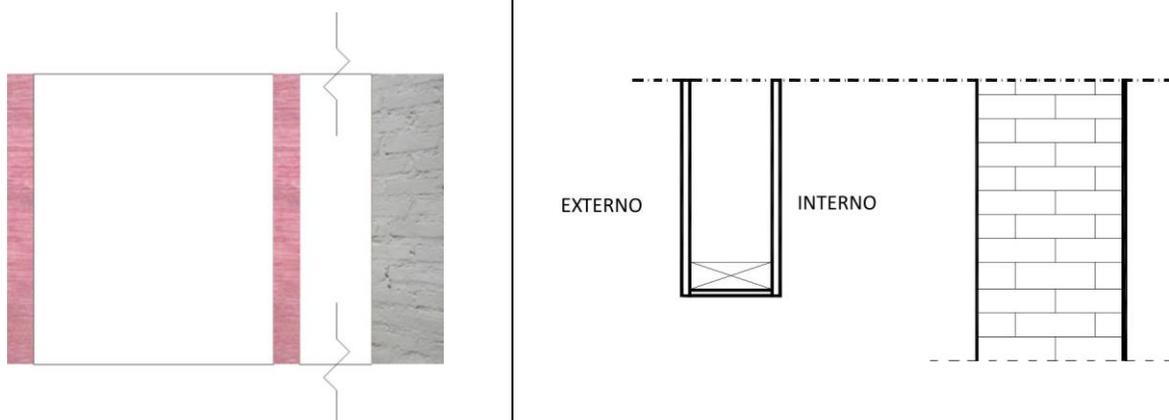
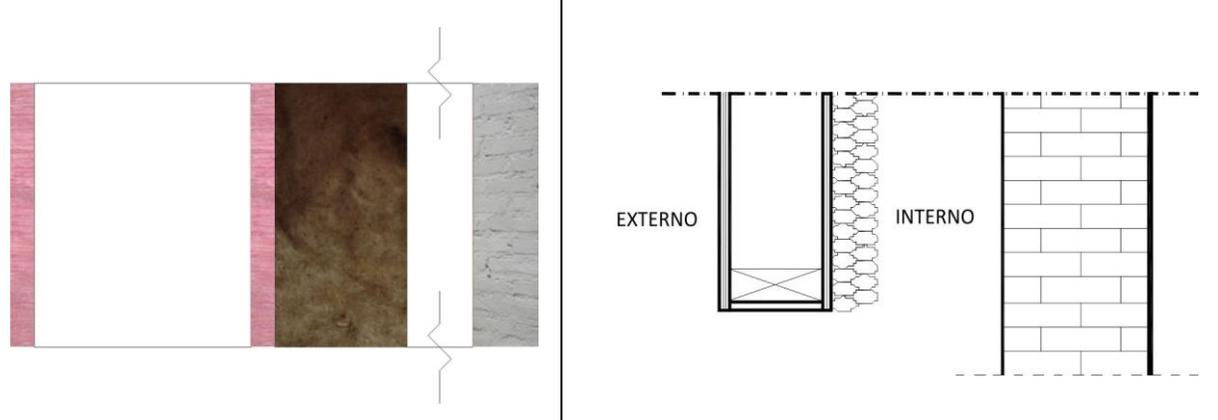
Os resultados do desempenho acústico do peitoril, na “fase experimental”, demonstraram que a “largura e altura longa” do peitoril ventilado apresentaram comportamento mais eficientes e assim, na “fase aplicativa”, optou-se pelas larguras e alturas do peitoril ventilado longo (Figura 5.6). Os ajustes pequenos das dimensões estabelecidas para execução dos peitoris ventilados foram estruturados de acordo com cada sistema construtivo.



**Figura 5.6:** Desenho do peitoril ventilado ortogonal definido para a “fase aplicativa”.

Para criar a estrutura do peitoril, ventilado foi necessário definir as composições construtivas. Nas primeiras investigações, denominada “fase experimental”, buscou-se um material de fabricação rápida e prática. Os primeiros objetos de estudos para avaliação foram executados em madeira compensada de 9mm. Sua construção foi composta de duas laminas de compensado com 82mm de espaçamento entre elas, cuja cavidade interna poderia apresentar-se com camada de lã de rocha de 50mm ou não e/ou furos na parede interna do componente, caracterizando a presença de ressonadores ou não (Tabela 5.1). Nessa etapa, todos os testes foram com o objetivo de conhecer melhor o comportamento acústico do peitoril diante de alguns aspectos mencionados posteriormente.

**Tabela 5.1:** Composição construtiva dos peitoris ventilados estabelecidos na primeira etapa das medições:  
FASE EXPERIMENTAL

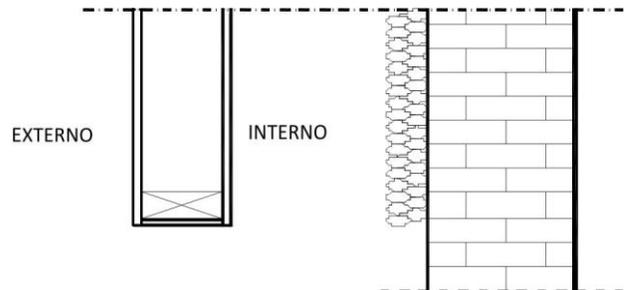
<b>COMPOSIÇÃO CONSTRUTIVA SUPERFÍCIES</b>		
<b>Madeira Compensada 10mm</b>		
<b>Item 1</b>		
<i>Externa</i>	<i>Cavidade</i>	<i>Interna</i>
Mad. Comp. 9mm	Vazio (82mm)	Mad. Comp. 9mm
<b>Representações</b>		
		
<b>Item 2</b>		
<i>Externa</i>	<i>Cavidade</i>	<i>Interna</i>
Mad. Comp. 9mm	Vazio (82mm)	Mad. Comp. 9mm com lã de rocha aplicada na parede externa do peitoril
<b>Representações</b>		
		

(Continua)

(Continuação)

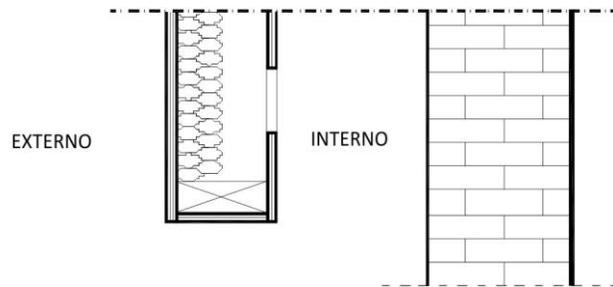
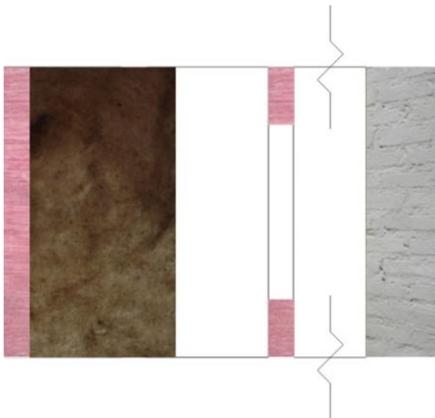
<b>Item 3</b>		
<i>Externa</i>	<i>Cavidade</i>	<i>Interna</i>
Mad. Comp. 9mm	Vazio (82mm)	Mad. Comp. 9mm com lâ de rocha aplicada na parede externa da edificação

**Representações**



<b>Item 4</b>		
<i>Externa</i>	<i>Cavidade</i>	<i>Interna</i>
Mad. Comp. 9mm	Lã de Rocha 50mm + Vazio de 32mm	Mad. Comp. 9mm com 4 furos de 60mm

**Representações**



(Continua)

(Continuação)

<b>Item 5</b>		
<b><i>Externa</i></b>	<b><i>Cavidade</i></b>	<b><i>Interna</i></b>
Mad. Comp. 9mm	Vazio 82mm	Mad. Comp. 9mm com 4 furos de 60mm
<b>Representações</b>		

Na segunda fase das investigações, denominada “*fase aplicativa*”, o peitoril ventilado foi construído com diversos materiais construtivos existentes no mercado. Os materiais utilizados para compor os peitoris ventilados, durante a fase das investigações, foram os seguintes: granito, concreto, chapa metálica, MDF com melamínico, PVC, telha metálica termo-acústica trapezóide, placa cimentícia e placa viroc. A definição da composição construtiva do peitoril ventilado para investigação está discriminada na Tabela 5.2.

**Tabela 5.2:** Composição construtiva dos peitoris ventilados estabelecidos na segunda etapa das medições:  
FASE APLICATIVA

<b>COMPOSIÇÃO CONSTRUTIVA SUPERFÍCIES</b>		
<b>Granito – 20mm</b>		
<b><i>Externa</i></b>	<b><i>Cavidade</i></b>	<b><i>Interna</i></b>
Granito	-	Granito
<b>Representações</b>		

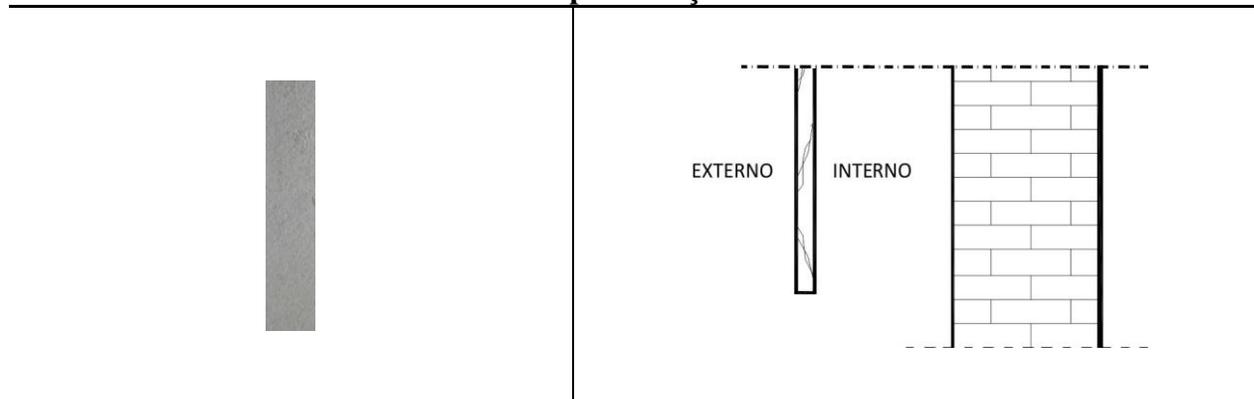
(Continua)

Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados

(Continuação)

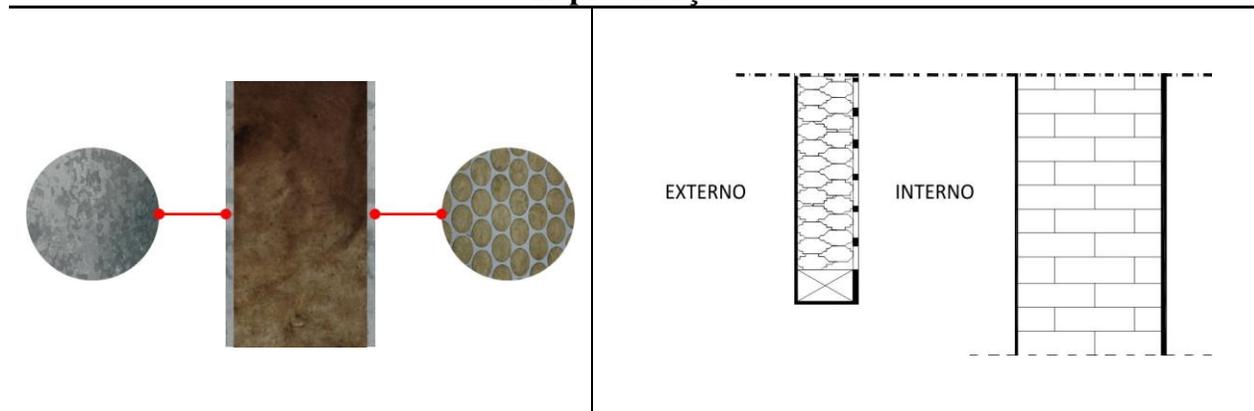
Concreto – 20mm		
<i>Externa</i>	<i>Cavidade</i>	<i>Interna</i>
Concreto	-	Concreto

**Representações**



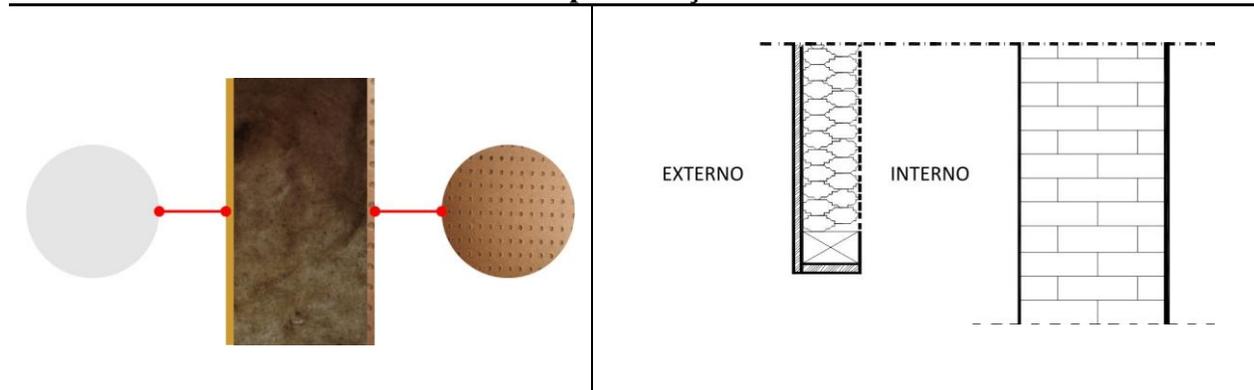
Chapa Metálica – 56mm		
<i>Externa</i>	<i>Cavidade</i>	<i>Interna</i>
Chapa Metálica lisa 3mm	Lã de Rocha 50mm	Chapa Metálica 3mm perfurada tipo moeda

**Representações**



MDF Melamínico – 59mm		
<i>Externa</i>	<i>Cavidade</i>	<i>Interna</i>
MDF Melamínico 9mm	Lã de Rocha 50mm	Eucatex 3mm perfurado

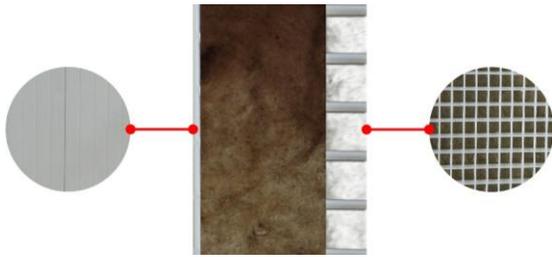
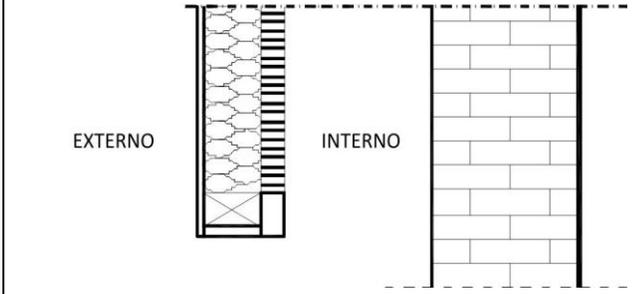
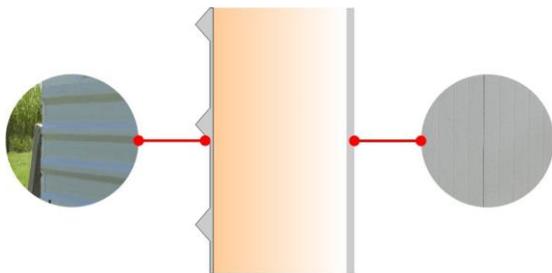
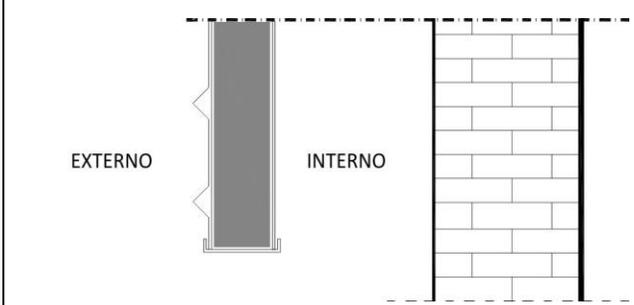
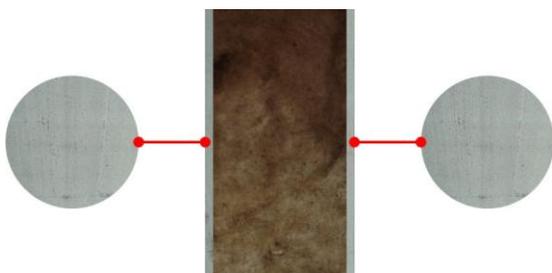
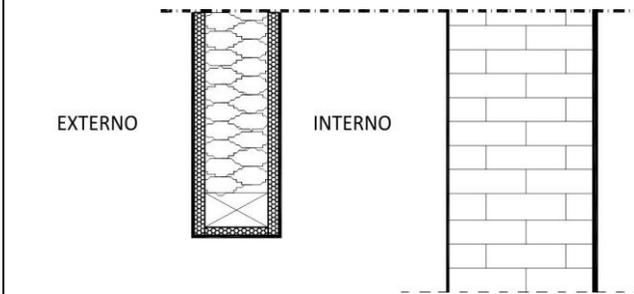
**Representações**



(Continua)

## Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados

(Continuação)

PVC – 75 mm		
<i>Externa</i>	<i>Cavidade</i>	<i>Interna</i>
Placa de PVC lisa com 5mm	Lã de Rocha 50mm	Colmeia de PVC com espaçamento de 20mm
Representações		
		
Telha Termo-acústica – 73mm		
<i>Externa</i>	<i>Cavidade</i>	<i>Interna</i>
Telha Termo-acústica Trapezóide com 20mm	Poliuretano 50mm	Telha Termo-acústica Trapezóide com 3mm
Representações		
		
Placa Cimentícia – 68mm		
<i>Externa</i>	<i>Cavidade</i>	<i>Interna</i>
Placa Cimentícia 9mm	Lã de Rocha 50mm	Placa Cimentícia 9mm
Representações		
		

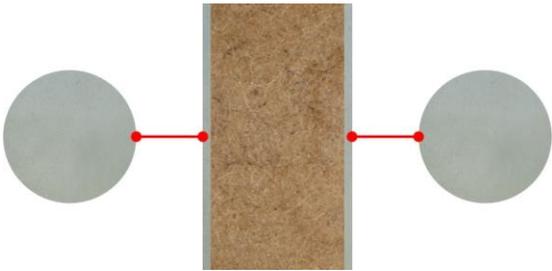
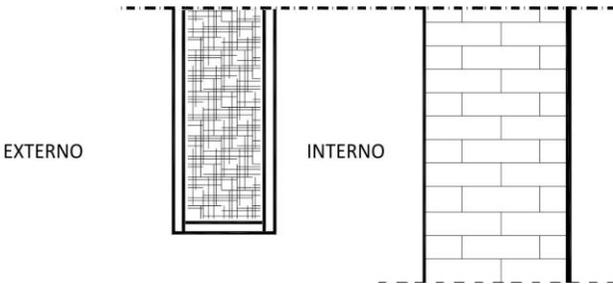
(Continua)

Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados

(Continuação)

Placa Viroc – 78 mm		
<i>Externa</i>	<i>Cavidade</i>	<i>Interna</i>
Placa Viroc 9mm	Fibra de coco	Placa Viroc 9mm

Representações	
	

Para as composições construtivas do peitoril, conforme descritos na Tabela 5.1 e 5.2, em algumas situações, a composição construtiva do peitoril ventilado exigiu a presença de materiais com melhores índices de coeficiente de absorção e assim possibilitar uma melhora no desempenho acústico dos sistemas construtivos investigados. Os materiais selecionados para as cavidades internas foram: lã de rocha, poliuretano e fibra de coco, este último caracterizando novos materiais sustentáveis encontrados no mercado. A Tabela 5.3 mostra maiores informações sobre os materiais absorvedores aplicados.

**Tabela 5.3:** Materiais absorvedores utilizados na cavidade interna das investigações do peitoril ventilado

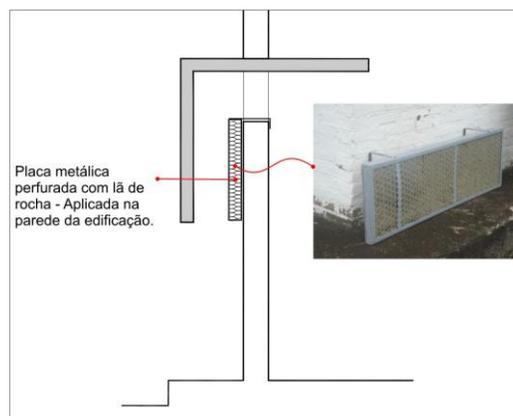
Material	Esp. (mm)	Dens. (Kg/m <sup>3</sup> )	NRC	Características	Foto
<b>Lã de Rocha</b>	50	32 Kg/m <sup>3</sup>	0,80	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baixa condutividade térmica;</li> <li>- Não queima nem emite fumaça;</li> <li>- Alta resistência à temperatura e ao fogo (750°);</li> <li>- Quimicamente inerte.</li> <li>- Redução sonora e de ruídos.</li> <li>- Material utilizado em componentes construtivos industrializados no mercado referenciando aspectos acústicos.</li> </ul>	

(Continua)

(Continuação)

<b>Poliuretano</b>	50	35	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Injeção por meio de maquinário apropriado nas cavidades previamente preparadas para receber a isolação.</li> <li>- Boa resistência química à maioria dos solventes e reagentes;</li> <li>- Aplicação rápida e eficiente;</li> <li>- Não apodrece, não mofa e não é atacado por insetos;</li> <li>- Baixa condutividade térmica;</li> <li>- Aplicado diretamente na telha termo-acústica (indústria).</li> </ul>	
<b>Fibra de Côco</b>	60	60 a 80	0,65	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 100% natural e renovável;</li> <li>- Alta durabilidade;</li> <li>- Permeável.</li> </ul>	

Nos componentes construtivos do peitoril ventilado, onde a lamina interna era perfurada a lã de rocha foi o material absorvedor selecionado para as investigações, utilizado na cavidade interna e, em algumas situações, foi aplicado na cavidade da parede da fachada juntamente com uma placa metálica perfurada (Figura 5.7). Para obtenção de dados comparativos, a fibra de coco também foi utilizada na parede da cavidade da edificação.



**Figura 5.7:** Placa metálica perfurada utilizada na parede da cavidade da fachada do peitoril ventilado.

### 5.2.4 Outros sistemas construtivos de controle de fachada

As variantes de uma fachada são alguns elementos existentes na sua composição ou sistema construtivo que possam ser confrontados com o desempenho acústico do peitoril ventilado, elemento de fachada que, na sua implantação, modifica a característica de uma parede, janela ou abertura. Nesse pensamento, outras situações de fachadas foram investigadas também para, posteriormente, seus resultados serem confrontados com os dados do desempenho acústico dos peitoris investigados. As situações de fachadas investigadas foram: fachada totalmente fechada, fachada com uma abertura similar à utilizada na inserção do peitoril ventilado, janela de vidro duplo e janela de vidro simples (Tabela 5.4).

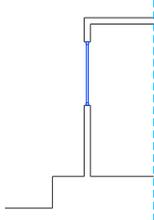
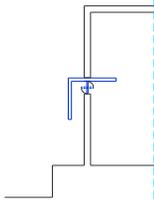
**Tabela 5.4:** Outros sistemas construtivos de fachada investigados sem/com utilização do peitoril ventilado

Elemento (peitoril)	Espessura Total (mm)	Composição Construtiva	Desenho Esquemático (sem escala)
Fachada com <b>parede fechada</b>	100	Parede em tijolo de alvenaria	
Fachada com <b>abertura</b> na parede	1190 x 200	Parede em tijolo de alvenaria com abertura	
Fachada com <b>vidro simples</b>	6	Janela de vidro simples de 6 mm 880 x 1080 (alt x larg)	

(Continua)

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados*

(Continuação)

Fachada com <b>vidro duplo</b>	6 - 8 - 6	Janela de vidro de 6 mm duplo com câmara de ar de 8mm 880 x 1080 (alt x larg)	
Fachada com peitoril ventilado e <b>abertura fechada com madeira</b>	9	Abertura fechada com madeira de 9mm tipo basculante (1190 x 200)	

### 5.3 Normas

As normas foram criadas para estabelecer critérios dos mais diversos procedimentos de determinado assunto, orientados por uma comissão técnica específica, de maneira que a população e a comunidade estejam protegidas. Para o desenvolvimento deste trabalho de desempenho acústico de peitoril ventilado, algumas normas merecem ser mencionadas e abordadas: normas internacionais de isolamento sonoro (ênfase no conforto acústico), norma brasileira de desempenho térmico para edificações (ênfase no conforto térmico), norma de desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos (ênfase no conforto térmico e acústico) e regulamentação para etiquetagem de nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos (ênfase na eficiência energética). O conhecimento dessas normas leva este trabalho à adequação do objeto de estudo com as vertentes de conforto térmico (ventilação), à eficiência energética e ao conforto acústico, consolidando o desempenho do peitoril ventilado dentro de um contexto mais bioclimático.

As normas internacionais de isolamento sonoro existentes são conhecidas por três conjuntos principais de normas: os conjuntos de normas da ISO 140, da ISO 717 e da EN 12354 e o conjunto secundário da qual faz parte a norma ISO 10052 que serve de orientação para as anteriores citadas. A Tabela 5.5 especifica resumidamente os conjuntos de normas relativos à medição do isolamento sonoro em edificações e elementos construtivos.

**Tabela 5.5:** Principais conjuntos de normas de isolamento sonoro.

Fonte: (DUARTE, 2005)

<b>Conjunto de normas ISO 140</b>		<b>Medição do isolamento sonoro em edificações e elementos construtivos.</b>
<b>NORMAS</b>	<b>ANO</b>	<b>REQUERIMENTOS PARA</b>
ISO 140 – 1	1997	Medições em laboratório sem transmissão por flancos.
ISO 140 – 2	1991/ Cor 1: 1993	Precisão na determinação, verificação e aplicação dos dados obtidos.
ISO 140 – 3	1995	Medições em laboratório do isolamento de ruído aéreo em elementos construtivos.
ISO 140 – 4	1998	Medições em campo do isolamento de ruído aéreo entre ambientes.
<b>ISO 140 – 5</b>	<b>1998</b>	<b>Medições em campo de isolamento de ruído aéreo de fachadas ou elementos de fachadas.</b>
ISO 140 – 6	1998	Medições em laboratório para isolamento de ruído de impacto de pisos.
ISO 140 – 7	1998	Medições em campo para isolamento de ruído de impacto de pisos.
ISO 140 – 8	1997	Piso padrão para medições em laboratórios de isolamento do ruído de impacto em pisos.
ISO 140 – 9	1985	Medições em laboratório de isolamento de ruído aéreo em tetos.
ISO 140 – 10 (ISO 140 – 11: retirada do grupo de normas)	1991	Medições em laboratório de isolamento de ruído aéreo de pequenos elementos construtivos.
ISO 140 – 12	2000	Medições em laboratório de isolamento de ruído aéreo e de impacto em salas sobrepostas separadas por um piso.
ISO/TR 140 – 13	1997	Diretrizes gerais
<b>Conjunto de normas ISO 717</b>		<b>Número único a partir do desempenho acústico de edificações e de seus elementos.</b>
<b>ISO 717 – 1</b>	<b>1996</b>	<b>Isolamento de ruído aéreo</b>
ISO 717 – 2	1996	Isolamento de ruído de impacto

(Continua)

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados*

(Continuação)

Conjunto de normas EN 12354		Estimativa do desempenho acústico de edificações a partir do desempenho de seus elementos.
EN 12354 – 1	2000	Isolamento de ruído aéreo
EN 12354 – 2	2000	Isolamento de ruído de impacto
EN 12354 – 3	2000	Isolamento de fachadas
EN 12354 – 4	2000	Radiação sonora de fachadas
EN 12354 – 5	>2005	Serviço de equipamento de som
EN 12354 – 6	2003	Absorção em salas

Para realização das medições deste trabalho em campo, duas normas internacionais serviram de base para os procedimentos das medições: a norma ISO 140-5(1998) e a norma ISO 717-1(1996). A norma ISO 140-5(1998) especifica os métodos para medições de isolamento sonoro aéreo de fachadas e elementos de fachada em campo, onde foi quantificada a Diferença de Nível Padronizado do peitoril ventilado na fachada em estudo em função da frequência. Já a norma ISO 717-1(1996), retrata o isolamento sonoro aéreo e tem como proposta padronizar o método cujos valores dos índices de isolamento sonoro, em função da frequência, podem ser convertidos em um número único, caracterizando o desempenho acústico global de um edifício ou de um elemento de um edifício, aplicado para paredes, pisos, janelas e portas. Uma das razões dessa norma é que, com esse valor estabelecido em um número único, a classificação do isolamento sonoro aéreo simplifica a formulação das exigências acústicas dos códigos de obras das edificações. Para avaliação deste trabalho, as normas de isolamento foram utilizadas para aplicação dos procedimentos de medições, apresentadas a seguir.

### 5.3.1 ISO 140-5 (1998)

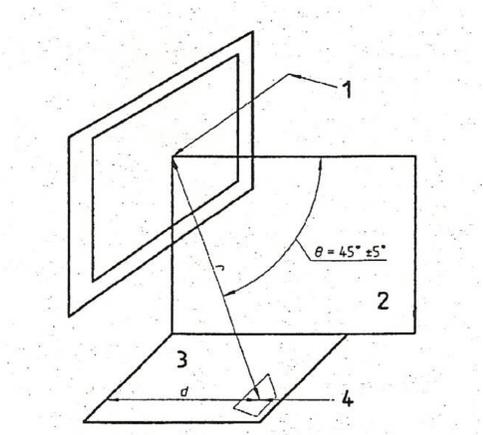
A norma ISO 140-5 (1995) especifica dois tipos de métodos para medições de isolamento sonoro aéreo de fachadas e elementos de fachada, respectivamente. O primeiro método é denominado “método de elemento”, que visa estimar o Índice de Redução Sonora do elemento da fachada, a exemplo de uma janela. O “método de elemento” mais preciso é realizado quando é usado o alto-falante como fonte sonora artificial. Outros menos precisos, “método de elementos”, podem usar o ruído de tráfego disponível. O outro tipo de método é o “método global”, que, por outro lado, visa estimar a diferença sonora do nível exterior /interior nas condições atuais do tráfego avaliado. O mais preciso “método global” pode ser usado também com uma fonte sonora. O método global com alto falante produz redução sonora de uma fachada relativamente a uma posição de 2m em frente à fachada. Esse método é particularmente útil quando, por diferentes razões práticas, a verdadeira fonte de ruído não pode ser utilizada. O resultado deste método não pode ser comparado com medições em laboratório.

No item 04 da norma ISO 140-5 (1995) são apresentadas recomendações pertinentes para o desenvolvimento deste trabalho, aspectos importantes relacionados aos equipamentos utilizados, como:

- O microfone deve ter o diâmetro máximo de 13 mm;
- O equipamento de medição do nível de pressão sonora deve adequar-se aos requisitos da classe 0 ou 1 de instrumentos de acordo com a IEC 60651 (1979) ou IEC 60804 (1985). A cadeia de medições deve ser calibrada usando a classe 1 ou calibradores melhores que os estabelecidos na IEC 60942 (1991);
- O filtro de frequência em banda de um terço de oitava e, se relevante, o filtro de frequência em banda de oitava deve enquadrar-se nos requisitos da IEC 61260 (1995);
- O equipamento para medição do tempo de reverberação deve enquadrar-se aos requisitos da norma ISO 354 (1985);
- A directividade do alto-falante em campo livre deve ser tal que as diferenças locais no nível de pressão sonora em cada banda de frequência de interesse são inferiores a 5

dB, medido sobre uma superfície imaginária do mesmo tamanho e orientação quanto à amostra.

Nas medições com uso do alto-falante, este é colocado em uma ou mais posições fora do prédio, a uma distância “d” da fachada, com o ângulo de incidência sonora igual a  $45^\circ \pm 5^\circ$  (Figura 5.8). O nível de pressão sonora médio é determinado, quer diretamente sobre a amostra (o método de elemento) ou a 2 m em frente da fachada (o método global), bem como no ambiente receptor. O Índice de Redução Sonora Aparente ( $R'_{45^\circ}$ ) ou a Diferença de Nível Ponderado  $D_{ls2m}$  é calculado.



**Figura 5.8:** Geometria do método do alto-falante  
Fonte: (ISO 140-5-1998)

Onde:

- 1 Normal à fachada
- 2 Plano vertical
- 3 Plano Horizontal
- 4 Alto-falante

O campo acústico gerado para o procedimento dessa norma deverá ser estável e com espectro contínuo na faixa de frequência considerada. Se as medições são feitas em bandas de frequência de 1/3 de oitava, as frequências centrais a serem utilizadas devem estar pelo menos

entre 100Hz e 3150Hz, mas, de preferência, devem estar entre 50 e 5000Hz. Se as medições são feitas em bandas de 1/1 oitava, deve ser utilizada pelo menos a faixa de frequências entre 125Hz e 2000Hz, mas, de preferência, usar entre 63Hz e 4000Hz. Além disso, as diferenças entre os níveis de potência sonora em bandas de 1/3 de oitava e pertencentes às bandas de 1/1 oitava não devem ser superiores a 6dB em 125Hz, 5dB em 250Hz e 4dB para as frequências centrais superiores.

Em todas as bandas de frequências relevantes, o nível de potência sonora da fonte sonora deverá ser alto o suficiente para obter um nível de pressão sonora no ambiente receptor que ultrapasse o ruído de fundo em, pelo menos, 6 dB.

Deve-se escolher a posição do alto-falante e a distância “d” à fachada, para que a variação do nível de pressão sonora na amostra seja minimizada. Isto implica que a fonte sonora seja preferencialmente colocada no terreno. Alternativamente, essa fonte sonora deve ser colocada o mais alto possível acima do terreno como é possível na prática. A distância “r” da fonte sonora para o centro da amostra deve ser de pelo menos 5 m ( $d > 3,5m$ ) para o método de elemento com alto-falante e 7 m ( $d > 5m$ ) para o método global com alto-falante. O ângulo de incidência sonoro deverá ser ( $45^\circ \pm 5^\circ$ ) (Figura 5.8).

Para se obterem as medições da média do nível de pressão sonora no ambiente receptor, o microfone usado deve mover de posição em posição. O nível de pressão sonora nas diferentes posições do microfone deve ser a média ou base de energia para todas as posições da fonte sonora. Além disso, deve-se determinar o nível de ruído de fundo. As posições escolhidas dentro do ambiente do microfone para obter o nível de pressão sonora médio de cada campo acústico, devem ser, no mínimo, cinco. Essas posições devem ser distribuídas dentro do máximo permitido por cada ambiente, espaçadas uniformemente, obedecendo às seguintes distâncias mínimas de separação:

- 0,7 m entre posições de microfone;
- 0,5 m entre qualquer posição de microfone e ambiente perímetro ou objetos do ambiente;
- 1,0 m entre qualquer posição de microfone e fonte sonora;

- Quando forem usados microfones móveis, o raio de varredura, pelo menos deve ser de 0,7 m. O plano da transversal deverá ser inclinado, a fim de cobrir uma grande parte do espaço permitido do ambiente e não ser distribuído dentro de qualquer plano dentre 10° das superfícies do ambiente. A duração do período transversal não pode ser inferior a 15 s.

Alguns cuidados devem ser garantidos em relação ao nível do ruído de fundo no ambiente receptor, para que não seja afetado por combinações de ruído estranho. O nível do ruído de fundo deve ser de, pelo menos, 6 dB (e de preferência mais de 10 dB) abaixo do nível do sinal e ruído de fundo combinado.

Quanto às medições do tempo de reverberação, estas devem estar em conformidade com as recomendações da norma ISO 354 (1985). O número mínimo de medições de decaimento exigidas para cada banda de frequência será de seis. Ao menos uma posição do alto-falante e três posições do microfone com duas leituras em cada caso devem ser utilizadas.

### **5.3.2 ISO 717-1 (1996)**

Esta norma relata o isolamento sonoro aéreo e tem como proposta padronizar o método pelo qual o conjunto dos índices de isolamento em função da frequência é convertido em um único número, caracterizando o desempenho acústico de um edifício ou de um elemento de um edifício: paredes, pisos, janelas e portas. Os seus resultados levam em consideração os diferentes níveis de espectros de várias fontes sonoras dentro da edificação, assim como o tráfego externo da edificação. Tem como base da sua estruturação as ISO 140-3(1995), ISO 145-4(1995), ISO 140-5(1995), ISO 145-9(1985) e a ISO 140-10(1991). Uma das razões dessa norma é que, com esse valor estabelecido em um único número para classificação do isolamento sonoro aéreo, seja simplificada a formulação das exigências acústicas dos códigos de obras das edificações. O valor da quantidade do número único é especificado de acordo com as necessidades e os resultados, baseados em medições de bandas de frequência de um terço de oitava ou bandas de frequência de

oitava. No caso de medições em laboratório, os resultados devem ser calculados, utilizando-se apenas bandas de um terço de oitava.

Para compreensão dessa norma, dois termos são utilizados e merecem ser esclarecidos:

- Quantidade do número único para avaliação do isolamento sonoro aéreo: Valor em decibels, da curva de referência em 500 Hz depois de deslocá-lo de acordo com o método especificado nesta norma ISO 717-1 (1996). O termo e símbolos dependem do tipo de medição definido em cada norma de referência, conforme Tabela 5.6.

**Tabela 5.6:** Quantidade do único número de isolamento sonoro para propriedades do elemento do edifício e do edifício respectivamente. Fonte: ISO 717-1 (1996).

<b>QUANTIDADES DO NUMERO ÚNICO PARA ISOLAMENTO SONORO PARA PROPRIEDADES DO ELEMENTO DO EDIFÍCIO</b>		
<b>Derivadas para valores de bandas de um terço de oitava</b>		
<b>Quantidade do número único</b>	<b>Termos e símbolos</b>	<b>Definida em:</b>
Índice de redução sonora ponderada, $R_w$	Índice de redução sonora, $R$	ISO 140-3: 1995
Diferença normalizada de nível para tetos suspensos ponderados, $D_{n,c,w}$	Diferença normalizada de nível para tetos suspensos, $D_{n,c}$	ISO 140-9: 1985
Diferença normalizada de nível para elementos ponderados, $D_{n,e,w}$	Diferença normalizada de nível para elementos, $D_{n,e}$	ISO 140-10: 1991
<b>QUANTIDADES DO NÚMERO ÚNICO PARA ISOLAMENTO SONORO DO EDIFÍCIO</b>		
<b>Derivadas para valores bandas de um terço de oitava ou bandas de oitava</b>		
<b>Quantidade do número único</b>	<b>Termos e símbolos</b>	<b>Definida em:</b>
Índice de redução sonora aparente ponderada, $R'_w$	Índice de redução sonora aparente ponderada, $R'$	ISO 140-4: ----
Índice de redução sonora aparente ponderada, $R'_{45o,w}$	Índice de redução sonora aparente ponderada, $R'_{45o}$	ISO 140-5: ----
Índice de redução sonora aparente ponderada, $R'_{tr,s,w}$	Índice de redução sonora aparente ponderada, $R'_{tr,s}$	ISO 140-5: ----
Diferença normalizada de nível ponderada $D_{n,w}$	Diferença normalizada de nível, $D_n$	ISO 140-4: ----
Diferença padronizada de nível ponderada, $D_{nT,w}$	Diferença padronizada de nível, $D_{nT}$	ISO 140-4: ----

(Continua)

## Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados

(Continuação)

Diferença padronizada de nível ponderada, $D_{ls,2m,nT,w}$ Ou $D_{tr,2m,nT,w}$	Diferença padronizada de nível ponderada, $D_{ls,2m,nT}$ ou $D_{tr,2m,nT}$	<b>ISO 140-5: ----</b> Equação (7) $(D_{2m,n} = D_{2m} - 10 \log(\frac{A}{A_0}) dB$ onde $A_0 = 10 m^2$ corresponde à área de absorção de referência no ambiente de recepção
--	---	--

- Termo de adaptação do espectro: Valor em decibels, para serem somados à avaliação do número único (ex.  $R_w$ ), levando em conta as características particulares do espectro sonoro.

Para avaliação da quantidade do número único do isolamento sonoro é necessário comparar este número único com valores de referência estabelecidos nas frequências medidas dentro das faixas de frequência de 100 Hz a 3150 Hz para bandas de frequência de um terço de oitava, e de 125Hz a 2000Hz para bandas de frequência de oitava. Estes valores de referência podem ser apresentados em forma de tabela, conforme Tabela 5.7.

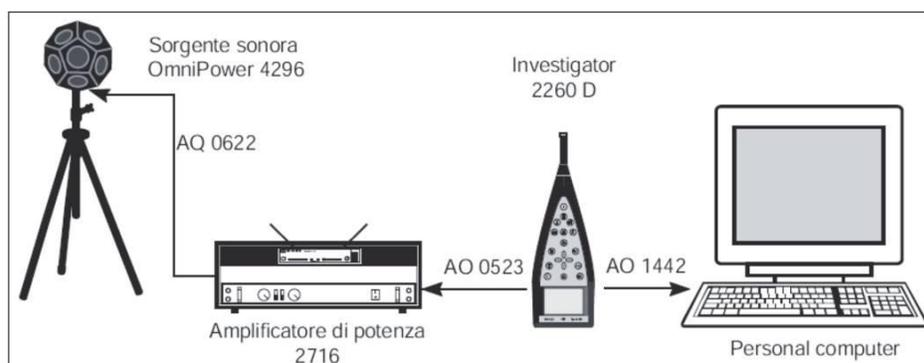
**Tabela 5.7:** Valores da curva de referência para isolamento sonoro em bandas de frequência de um terço de oitava e bandas de oitava. Fonte: ISO 717-1 (1996).

Frequência (Hz)	Valores de referências, dB	
	Bandas de um terço de oitava	Bandas de oitava
100	33	
<b>125</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
160	39	
200	42	
<b>250</b>	<b>45</b>	<b>45</b>
315	48	
400	51	
<b>500</b>	<b>52</b>	<b>52</b>
630	53	
800	54	
<b>1000</b>	<b>55</b>	<b>55</b>
1250	56	
1600	56	
<b>2000</b>	<b>56</b>	<b>56</b>
2500	56	
3150	56	

## 5.4 Medições

### 5.4.1 Equipamentos utilizados

Para avaliação das características do desempenho acústico das diversas tipologias de aberturas, utilizou-se, nesta pesquisa, o Sistema Building Acoustics da Brüel & Kjaer (Figura 5.9), composto por fonte omnidirecional, amplificador e analisador de frequência em tempo real (Investigator 2260). Os procedimentos de medição foram definidos com base nas informações do fabricante do equipamento e nas recomendações da norma internacional ISO 140-5:1998(E), que descreve as medidas de campo do isolamento sonoro aéreo de fachadas e elementos de fachadas.



**Figura 5.9:** Sistema Building Acoustic da B&K.

Fonte: [www.bksv.com/doc/bp1691.pdf](http://www.bksv.com/doc/bp1691.pdf)

### 5.4.2 Procedimentos de medições

O procedimento de medições deste trabalho seguiu as recomendações da norma de isolamento internacional para fachadas ISO 140-5-1998(E) e usou a nomenclatura dos parâmetros

do sistema Building Acoustic da B&K (1996). Para as diversas configurações investigadas, foram medidos, em campo, os seguintes parâmetros acústicos:

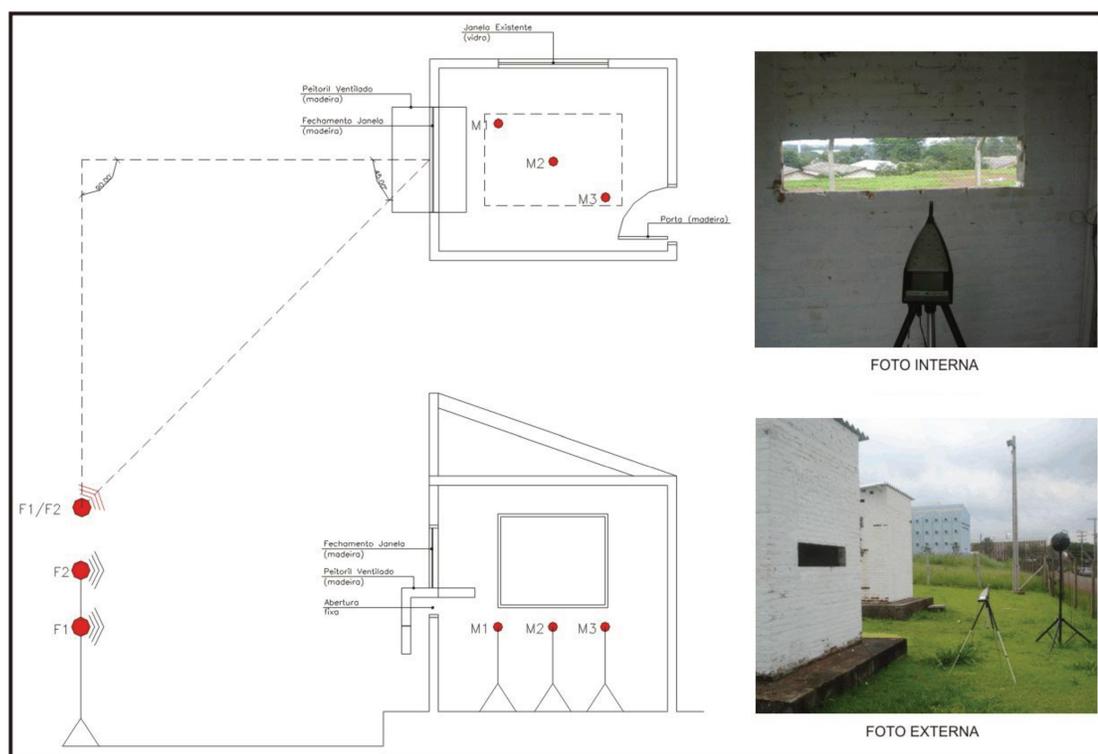
- Ruído de Fundo (B2): O ruído de fundo dentro do ambiente foi investigado no momento das medidas de isolamento. Esse ruído foi registrado para verificação de que os níveis de pressão sonora fossem menores de 10 dB do nível do sinal e foram medidos, no mínimo, três vezes para cada situação avaliada;
- Localização do Microfone: Como as reflexões causadas pelas paredes podem gerar variação no nível de pressão sonora dentro do ambiente, foram utilizadas internamente três posições do microfone (M1, M2 e M3). Em cada ponto, foram registrados três repetições. As distâncias mínimas obedecidas foram: 0,70m entre microfones, 0,5m entre qualquer posição de microfone e paredes do ambiente e que estivessem a 1,00m entre qualquer posição de microfone e a fonte sonora. Os resultados obtidos foram calculados como uma média espacial;
- Tempo de Reverberação (T): O tempo de reverberação foi medido no interior da edificação, com leituras feitas nas três posições diferentes (M1, M2 e M3), na presença do ruído rosa. Com a fonte posicionada dentro do protótipo, cumpriu o deslocamento microfone-fonte recomendado;
- Níveis de Pressão Sonoros medidos dentro e fora da edificação com fonte sonora ligada (L2) e (L1): Essas medições foram repetidas três vezes para cada situação, tanto as duas posições de fonte (F1 e F2) escolhida, como também os três pontos de microfone M1, M2 e M3. No caso da medida do nível de pressão sonora realizada fora da edificação, o microfone foi localizado a dois metros da parede da fachada;
- Tipo de sinal sonoro para medição de L1 e L2: para a realização dos cálculos de isolamento sonoro, foi utilizado o ruído branco, conforme recomendação da norma;
- Posição da Fonte Sonora: A fonte sonora foi colocada na área externa do protótipo, na fachada leste, num único ponto com alturas diferentes (F1 e F2) assim discriminadas: F1 com altura da fonte de 1,27m e F2 com altura da fonte de 1,87m do nível do terreno. Essas alturas são relativas ao corte do protótipo utilizado. A definição da posição de colocação da fonte foi realizada de acordo com a norma ISO 140-5:1998(E), cuja representação aparece no croqui da figura 5.11. A distância entre a

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados*

fonte (d) e a fachada analisada foi relativa ao comprimento da hipotenusa entre duas retas de um ângulo reto a 3,5 m da fachada;

- Frequências medidas: Os parâmetros utilizados na primeira etapa da investigação, fase experimental, foram medidos em função da frequência em bandas 1/1 de oitava entre 125Hz e 8000Hz; já na segunda fase das medições, em bandas de 1/3 de oitava entre 100Hz a 3150Hz.

As representações dos diversos posicionamentos descritos nos parágrafos anteriores estão indicadas na Figura 5.10



**Figura 5.10:** Planta baixa e corte do protótipo com a localização das posições do microfone, da fonte sonora. As fotos mostram detalhes da medição interna e a localização da fonte externa.

O software BZ 7204, associado ao sistema Building Acoustics da Brüel & Kjaer (1996), foi usado para a medida do nível de pressão sonora externo da fonte ligada a 2m da frente da fachada (L1,2m) e o nível de pressão sonora médio no ambiente do receptor com fonte sonora

também ligada (L2). Com esses parâmetros é calculado a Diferença Padronizada de Nível, segundo a equação 5.2 .

$$D_{2m} = L_{1,2m} - L_2 \quad \text{dB} \quad (5.2)$$

No entanto, é necessário padronizar o resultado devido às variações da sala de recepção. Assim, a Diferença de Nível é corrigida pelo receptor com o tempo de reverberação do ambiente. Essa correção define a Diferença Padronizada de Nível que é calculado segundo a equação 5.3, onde T é o tempo de reverberação do ambiente receptor e  $T_0 = 0,5$  s.

$$D_{2m, nT} = L_{1,2m} - L_2 + \log \left( \frac{T}{T_0} \right) \text{ dB} \quad (5.3)$$

Para cada uma das configurações analisadas, foram medidos em campo os parâmetros acústicos:

- Ruído de Fundo (B2)
- Tempo de Reverberação (T)
- Nível de Pressão Sonora da Fonte dentro e fora da edificação com fonte sonora ligada (L2) e (L1):

Os parâmetros B2, T, L1 e L2, utilizados na primeira etapa da investigação, “*fase experimental*”, foram medidos em função da frequência em banda 1/1 de oitava, entre 125 e 8000 Hz; já na segunda fase das medições, “*fase aplicativa*”, em bandas de 1/3 de oitava entre 100Hz a 3150Hz.

### 5.4.3 Etapas das medições

Como descrito anteriormente neste trabalho, o peitoril ventilado é um elemento, em geral colocado na parte inferior da janela, que contém uma área aberta que serve de condutor de vento, interligando o ambiente externo ao interno (Figura 5.3). Essa passagem de ar favorece a passagem de sons. O desempenho acústico de uma edificação está associada ao nível de ruído

que cada componente do invólucro permite isolar. A fachada de uma edificação pode ser uma das últimas barreiras ao ruído externo. Na composição das aberturas das fachadas, o peitoril ventilado é comumente aplicado com variadas composições, forma e dimensões, onde cada uma delas poderá ter sua contribuição na atenuação do ruído. Embora bastante conhecido o elemento peitoril ventilado, pouco se sabe sobre suas características acústicas. As investigações propostas nesta pesquisa tiveram como objetivo verificar o comportamento da atenuação do ruído da fachada contendo algumas possíveis tipologias de peitoril ventilado.

A pesquisa foi dividida em duas etapas ou fases. A primeira etapa constituiu a “*fase experimental*”, onde se conheceram as normas existentes para avaliação de elementos de fachada, como e se fez um pré-teste para verificar se existia uma atenuação sonora do objeto de estudo, variando alguns aspectos geométricos como largura, comprimento, espaçamento do peitoril em relação à parede da edificação, comportamento acústico da parede estrutural da edificação e do peitoril ventilado, da melhoria acústica mediante inserção de materiais e/ou características construtivas do elemento estudado. A segunda etapa das medições, “*fase aplicativa*”, foi baseada na geometria da composição plástica do peitoril ventilado encontrado na primeira etapa com melhor desempenho, procurando conhecer o desempenho acústico do objeto de estudo definido, utilizando vários sistemas construtivos encontrados no mercado da construção civil.

#### **5.4.3.1 Fase Experimental**

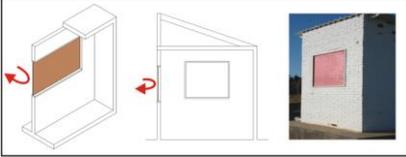
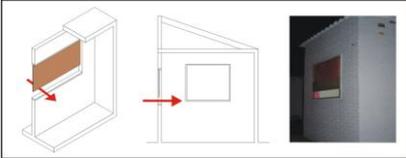
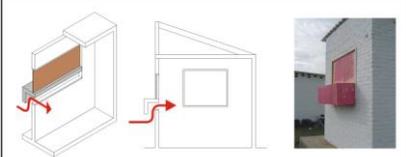
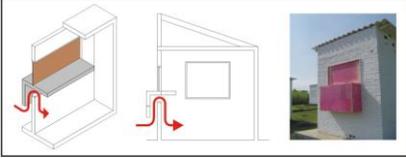
A fase experimental (EXP) também foi desenvolvida em duas etapas. A primeira etapa deste trabalho representou o início de uma série de investigações cuja finalidade foi conhecer o desempenho acústico de peitoris ventilados. Essa etapa foi denominada “*investigação inicial*”. A proposta foi realizar uma análise comparativa do comportamento acústico de algumas configurações geométricas de peitoris com o isolamento acústico proporcionado por janelas fechadas e abertas, inseridas numa fachada. A segunda etapa dessa fase constituiu-se de outra série de investigações cuja finalidade foi melhorar o desempenho acústico do peitoril ventilado variando características de absorção de superfícies da parede e do elemento, as quais serão

descritas no transcorrer deste capítulo. Essa etapa foi denominada “melhoramento inicial”. As várias configurações de peitoris foram inseridos na fachada da edificação descrita anteriormente, em uma área afastada de possíveis edificações e fontes de ruído ambiental (local do experimento), cujas características acústicas atenderam aos procedimentos e métodos de medição (normas e procedimentos de medições) descritos também anteriormente.

A primeira etapa da fase experimental, denominada etapa “investigação inicial”, baseou-se em avaliar a atenuação sonora promovida por quatro configurações de peitoris (EXP-Conf01 a EXP-Conf04), comumente encontradas nas aberturas de janelas em cidades de clima quente úmido. O material empregado para a construção do elemento foi a madeira compensada de 9mm. Para todas as configurações com abertura adotou-se a mesma área de 950mm x 200mm e o mesmo espaçamento da parede (200mm). O dimensionamento destas aberturas baseou-se no quesito segurança, que na prática, é um fator importante no projeto, uma vez que esses podem ser compartilhados com fechamentos móveis ou não.

Foram escolhidas para as primeiras investigações quatro situações de fachada, denominadas de configurações: EXP-Conf01 (parede fechada), EXP-Conf02 (parede com abertura), EXP-Conf03 (parede com abertura e peitoril curto) e EXP-Conf04 (parede com abertura e peitoril longo). A Tabela 5.8 descreve os protótipos avaliados nesta primeira etapa da “fase experimental”.

**Tabela 5.8:** Descritivo dos protótipos avaliados na primeira etapa da FASE EXPERIMENTAL denominada etapa “investigação inicial” (EXP -Conf01 a EXP -Conf04).

<b>Primeira Etapa - FASE EXPERIMENTAL</b>				
<b>Etapa</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Padrão Protótipo- Descritivo</b>	<b>Dimensão do vão janela fechada com madeira compensada (mm)</b>	<b>Representação</b>
<b>- Investigação (EXP-Conf01 a EXP-Conf04)</b>	<b>EXP-Conf01</b>	<b>Janela FECHADA</b> (sem abertura)	1150 x 950	
	<b>EXP-Conf02</b>	<b>Janela COM ABERTURA</b> inferior de 200mm x 950mm (sem peitoril ventilado)	950 x 950	
	<b>EXP-Conf03</b>	Janela com abertura inferior de 200mm x 950mm. <b>Com peitoril ventilado “tipo a” (CURTO)</b> incorporado na abertura sem elemento interno. Dimensões do peitoril, largura de 50mm, altura de 40mm e espaçamento de 20mm.	950 x 950	
<b>Investigação (EXP-Conf01 a EXP-Conf04)</b>	<b>EXP -Conf04</b>	Janela com abertura inferior de 200mm x 950mm. <b>Com peitoril ventilado “tipo b” (LONGO)</b> incorporado na abertura elemento interno. Dimensões do peitoril com elemento interno, largura interna de 40mm + 50mm largura externa, altura de 70mm e espaçamento 20mm.	950 x 950	

Na segunda etapa dessa fase denominada “melhoramento inicial”, escolheu-se como elemento de referência para investigação o peitoril analisado na primeira etapa da situação “EXP -Conf04” (“tipo longo”). Esse elemento foi o que apresentou melhor desempenho acústico quanto ao isolamento, e os resultados podem ser verificados no Capítulo 6. O valor global de isolamento (Dnt) encontrado representou uma atenuação de 6 dB a menos que o desempenho da janela fechada (EXP -Conf01) e 6 dB a mais de atenuação que o desempenho da janela com abertura.

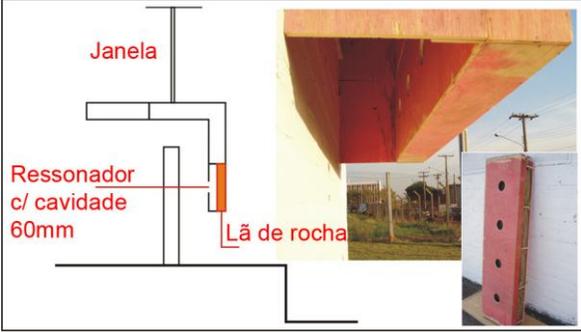
O critério de trabalho proposto para a segunda etapa da fase experimental foi modificar algumas superfícies que fazem parte do peitoril ventilado. Uma das estratégias usadas foi a aplicação de lã de rocha (material absorvente acústico) de 50mm nas superfícies internas do peitoril. A lã de rocha foi selecionada por ser composta por longas fibras minerais entrelaçadas e aglutinadas com resinas especiais. É um material bastante usado na construção civil, tem aplicação diversa, podendo ser utilizado como miolo, dentro de paredes e divisórias construídas e melhorar o desempenho de isolamento de paredes duplas. Como elemento para promover a absorção sonora, a lã de rocha apresenta coeficientes de absorção sonora elevados nas médias e altas frequências, com NRC de 0.80, segundo o fabricante. Outras estratégias aplicadas para melhorar o desempenho acústico do peitoril ventilado foi criar ressonadores em uma das partes pertencentes ao peitoril (peça vertical inferior), fazendo perfurações na sua cavidade interna (4 unidades com diâmetro de 60mm), como também preenchendo o interior da cavidade com o material absorvedor lã de rocha. As características e representações das configurações estabelecidas para os novos testes são apresentados na Tabela 5.9.

**Tabela 5.9:** Descritivo dos protótipos avaliados na segunda etapa da FASE EXPERIMENTAL, denominada etapa “melhoramento inicial”.  
(EXP-Conf05 a EXP-Conf08 ).

Segunda Etapa - FASE EXPERIMENTAL			
Etapa	Tipologia	Padrão Protótipo- Descritivo	Representação
Melhoramento inicial (EXP –Conf05 a EXP –Conf08)	EXP-Conf05	Colocação do material absorvedor (lã de rocha de espessura 50mm) abaixo da abertura, no duto de ventilação e preso na superfície da parede da edificação, recobrendo uma área de 1,15 m por 0,42 m;	
	EXP -Conf06	Colocação do material absorvedor (lã de rocha de espessura 5 cm) na superfície da parede vertical interna do duto de ventilação do peitoril, recobrendo uma área de 1,15 m por 0,70 m;	
	EXP -Conf07	Criação de 4 furos circulares com diâmetro de 60 mm, na superfície inferior da parede vertical interna do duto de ventilação do peitoril, para criar os ressonadores cujo volume interno de cada um ficou com as dimensões de 0,28 m x 0,30m x 0,08m.	

(Continua)

(Continuação)

<p><b>Melhoramento inicial (EXP –Conf05 a EXP –Conf08)</b></p>	<p><b>EXP -Conf08</b></p>	<p>Criação de 4 furos circulares com diâmetro de 60 mm, na superfície inferior da parede vertical interna do duto de ventilação do peitoril para criar os ressonadores cujo volume interno de cada um ficou com as dimensões de 0,28 m x 0,30m x 0,08m, e preenchido com lã de rocha de 5 cm de espessura.</p>	 <p>O diagrama ilustra a configuração de um sistema de ventilação. Uma janela (Janela) está conectada a um duto que se ramifica para criar um ressonador com uma cavidade de 60mm, preenchida com lã de rocha. A fotografia adjacente mostra o sistema instalado em uma fachada, com o ressonador visível na parede.</p>
--	---------------------------	--	--

### 5.4.3.2 Fase Aplicativa

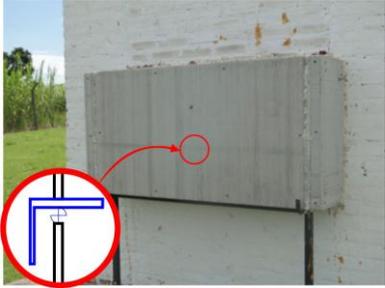
A segunda fase deste trabalho, denominada “fase aplicativa”, foi realizada também no protótipo, situado no local das medições anteriores. Os procedimentos de normas estabelecidos foram os mesmos determinados na fase experimental. Essa fase foi dividida em três etapas. A primeira etapa, denominada “comparação”, constituiu em medições de alguns aspectos de fachada comumente encontrados na construção civil, os quais serviriam para comparação com as demais etapas. Estes aspectos foram: fachada totalmente fechada com alvenaria, fachada fechada com uma abertura padrão similar para todos os peitoris, fachada com janela acústica (vidro duplo separados de 20mm), fachada com janela de vidro simples e peitoril ventilado com abertura existente fechada por elemento em madeira, simulando janela basculante fechada para a condição temporária de se evitar ruídos excessivos temporários. As fachadas dos protótipos com essas configurações estão discriminados na Tabela 5.10.

**Tabela 5.10:** Descritivo dos protótipos avaliados na primeira etapa da FASE APLICATIVA, denominada etapa “comparação” (C).

Primeira Etapa - FASE APLICATIVA				
Etapa	Tipologia	Descritivo	Espessura total (mm)	
Comparação (C)	C01 (fechada)	Parede totalmente <b>fechada</b> em alvenaria (sem peitoril)	100	
	C02 (com abertura)	Parede fechada <b>com abertura</b> (abertura sem peitoril ventilado)	1190 x 200	
	C03 (vidro duplo)	Janela acústica com <b>vidro duplo</b> com câmara de ar interna (sem peitoril e sem abertura)	20	

(Continua)

(Continuação)

<b>Comparação (C)</b>	<b>C04 (vidro simples)</b>	Janela com <b>vidro simples</b> (sem peitoril e sem abertura)	4	
	<b>C05 (fechamento basculante)</b>	<b>Peitoril</b> com chapa cimentícia dupla de 9 mm com Lã de rocha de 50mm na cavidade interna. <b>Abertura com fechamento</b> em madeira basculante)	68	
	<b>C06 (fibra de coco parede)</b>	Placa Viroc dupla com 10mm com fibra de coco de 60mm na cavidade interna. <b>Fibra de coco na parede da fachada.</b>	70	

Na segunda etapa da “fase aplicativa”, foram construídos protótipos de peitoris ventilados em forma ortogonal de diferentes tipologias, fabricados com materiais encontrados no mercado da construção civil. Essa etapa foi denominada “investigação”, uma vez que foram construídos peitoris ventilados diversificados, alguns com superfícies mais refletivas e outros com superfícies mais absorvedoras. Em alguns casos, os peitoris ventilados foram construídos com placas duplas como sanduíches, onde, na estrutura interna, foram utilizados lã de rocha, placa de fibra de coco ou poliuretano rígido, com espessura entre 50 a 60mm. Os materiais empregados foram: placa de granito (I01), placa de concreto aparente (I02), madeira compensada melanina dupla com lã de

rocha na cavidade (I03), chapa cimentícia dupla com lã de rocha, chapa metálica dupla com lã de rocha, telha metálica termoacústica dupla com poliuretano e chapa viroc dupla com placa de fibra de coco. Esses elementos investigados são discriminados na Tabela 5.11.

**Tabela 5.11:** Protótipos avaliados na segunda etapa da fase aplicativa, denominada etapa “investigação” (I)

Segunda Etapa – FASE APLICATIVA				
Etapa	Composição	Denominação	Espessura Total (mm)	Peitoril Ventilado
Investigação (I)	I01 (granito)	Granito	20	
	I02 (concreto)	Concreto	20	
	I03 (chapa metálica)	Chapa Metálica com lã de rocha 50mm na cavidade	56	
	I04 (madeira)	Mdf melamínico com lã de rocha 50 mm na cavidade	62	

(Continua)

(Continuação)

<b>Investigação (I)</b>	<b>I05 (PVC)</b>	PVC com lã de rocha 50mm na cavidade	76	
	<b>I06 (telha termo-acústica)</b>	Telha metálica termoacústica com poliuretano rígido de 50 mm na cavidade	56	
	<b>I07 (chapa cimentícia)</b>	Chapa cimentícia com Lã de rocha 50 mm na cavidade Telha metálica termoacústica com poliuretano rígido de 50 mm na cavidade	68	
	<b>I08 (viroc)</b>	Placa Viroc com placa de fibra de coco de 50 mm na cavidade interna	68	

Na terceira etapa da “fase aplicativa”, denominada “melhoramento”, buscou-se aperfeiçoar o desempenho acústico dos peitoris ventilados. Para tal, foi criada uma placa de chapa metálica dupla com uma face lisa e outra face com chapa tipo moeda, preenchida com lã de rocha de 50 mm na cavidade interna. Essa peça, com dimensões de 300mm de altura, 1190mm de comprimento e 500mm de largura, foi suspensa na parede externa da fachada e abaixo da abertura entre a parede da edificação e a parede interna do peitoril. Para essa avaliação, todas as

situações discriminadas na segunda etapa foram repetidas, diferenciando da etapa anterior apenas pela utilização desse novo componente. Esses elementos investigativos são discriminados na Tabela 5.12.

**Tabela 5.12:** Descritivo dos protótipos avaliados na terceira etapa da fase aplicativa, denominada etapa “melhoramento”.

<b>Terceira Etapa – FASE APLICATIVA</b>			
<b>Etapa</b>	<b>Conf.</b>	<b>Descritivo</b>	<b>Placa Absorvedora (1190 x 200 mm) Na parede fachada cavidade do peitoril</b>
<b>melhoramento (M)</b>	<b>M01 (granito com placa)</b>	Granito	
	<b>M02 (concreto com placa)</b>	Concreto	
	<b>M03 (chapa metálica)</b>	Chapa Metálica com lã de rocha 50mm na cavidade	

(Continua)

## Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados

(Continuação)

<b>melhoramento (M)</b>	<b>M04 (madeira com placa)</b>	Mdf melamínico com lã de rocha 50 mm na cavidade	
	<b>M05 (PVC com placa)</b>	PVC com lã de rocha 50mm na cavidade	
	<b>M06 (telha termo- acústica com placa)</b>	Telha metálica termoacústica com poliuretano rígido de 50 mm na cavidade	
	<b>M07 (chapa cimentícia)</b>	Chapa cimentícia com Lã de rocha 50 mm na cavidade Telha metálica termoacustica com poliuretano rígido de 50 mm na cavidade	
	<b>M08 (viroc com placa)</b>	Placa Viroc com placa de fibra de coco de 50 mm na cavidade interna	

Para cada configuração, foi calculada a Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) em função da frequência e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ). Os resultados foram comparados e são apresentados no próximo capítulo.

## CAPÍTULO 6 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme descrição apresentada em materiais e métodos explicados do capítulo 5, este trabalho de investigação do desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados foi desenvolvido em duas fases. A primeira fase, descrita como “*fase experimental*”, coube investigar algumas características geométricas do objeto de estudo no comportamento de isolamento. A segunda fase, denominada “*fase aplicativa*”, foi definida em três etapas denominadas de: *comparação* (primeira etapa), *investigação* (segunda etapa) e *melhoramento* (terceira etapa). Os resultados e respectivas análises são apresentados no transcrito deste capítulo. Os dados e resultados da primeira fase aqui apresentados, foram importantes como base para conhecimento e domínio da geometria e atenuação do peitoril ventilado e permitiram estabelecer os padrões para a investigação da segunda fase. Não será feita análise comparativa de resultados entre a primeira e segunda fase.

### 6.1 Desempenho acústico do peitoril ventilado

Este trabalho teve como objetivo investigar o desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados. Nos itens a seguir serão esclarecidas, as etapas de pesquisas realizadas: “*fase experimental*” e “*fase aplicativa*”.

### **6.1.1 Fase Experimental**

A fase experimental do desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados foi desenvolvida em duas etapas, denominadas de “investigação” e “melhoramento”, as quais serão explicadas a seguir neste capítulo.

#### **6.1.1.1 Primeira etapa: “Investigação” - Avaliação da atenuação acústica**

Coube a essa fase experimental investigar inicialmente o desempenho acústico de quatro diferentes tipologias de fachada: fachada com janela fechada, janela com abertura e duas situações com peitoril ventilado (Tabela 6.1). Com os resultados de L1, L2 e T foram calculados os valores da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) em função das frequências em bandas de 1/1 de oitava, entre 125Hz a 8000Hz, para cada uma das quatro configurações (Tabela 6.2), denominadas de EXP-Conf01 (janela fechada), EXP-Conf02 (janela com abertura), EXP-Conf03 (janela com peitoril curto) e EXP-Conf04 (janela com peitoril longo), os quais são visualizadas na Figura 6.1. Os resultados da Diferença Padronizada de Nível em função da frequência estão na forma de tabela (Tabela 6.2) e na forma de gráfico (Figura 6.1). Esses resultados mostram a diferença existente do desempenho acústico entre a fachada com janela fechada e a fachada com janela com abertura. Segundo dados apresentados na Figura 6.1, a janela fechada apresentou melhor desempenho que a janela com abertura, como era esperado. Observa-se, nas duas tipologias de peitoril ventilado investigados (peitoril curto e longo), um comportamento acústico relativamente plano em função da frequência para os dois elementos, porém, quantitativamente, nos valores de isolamento na faixa de frequência entre 250Hz a 500Hz, o peitoril longo apresentou melhores resultados. Esses resultados indicaram para o desempenho de isolamento que, para o ruído de baixa frequência, pode representar um problema e o resultado apresentado merece ser considerado e investigado.

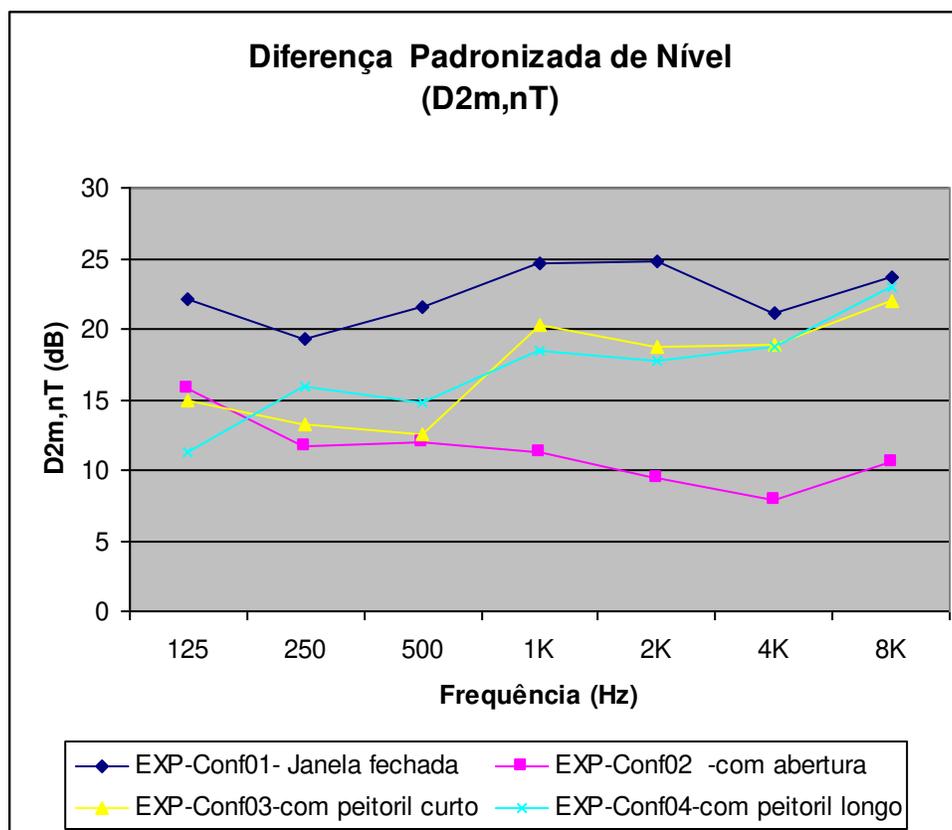
## Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado

**Tabela 6.1:** Resumo das configurações de peitoris ventilados investigados na primeira etapa da fase experimental

Primeira etapa – FASE EXPERIMENTAL				
Tipologias investigadas				
Configurações	EXP-Conf 01	EXP-Conf 02	EXP-Conf 03	EXP-Conf 04
Representações				
Denominações	Janela Fechada	Janela com Abertura	Janela com peitoril curto	Janela com peitoril longo

**Tabela 6.2:** Resumo dos resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) em dB investigados, referente aos protótipos avaliados na primeira etapa da FASE EXPERIMENTAL

FASE EXPERIMENTAL									
Primeira Etapa – “Investigação”									
Tipologia	Padrão Protótipo- (Descritivo)	$D_{2m,nT}$ (dB)							$D_{2m,nTw'}$ (dB)
		Frequências (Hz)							
		125	250	500	1000	2000	4000	8000	
EXP-Conf01	Janela fechada	22,1	19,3	21,6	24,6	24,8	21,1	23,6	24,0
EXP-Conf02	Janela com abertura	15,8	11,7	12,0	11,3	9,5	7,9	10,6	11,5
EXP-Conf03	Janela peitoril curto	15,0	13,3	12,5	20,3	18,8	18,9	22,0	17,8
EXP-Conf04	Janela peitoril longo	11,2	15,9	14,8	18,4	17,7	18,8	23	17,5



**Figura 6.1:** Resultados gráficos da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) investigados, em função da frequência, referentes aos protótipos avaliados na primeira etapa da FASE EXPERIMENTAL

Com base nos resultados apresentados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ), foi possível obter a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nT}w'$ ) dos elementos investigados, segundo a norma 717-1 (1996) que representa um valor único de isolamento. Os resultados estão apresentados na Tabela 6.2 e confirmam que o comportamento do isolamento das duas configurações de peitoris ventilados (EXP-Conf03 - peitoril curto e EXP-Conf04 - peitoril longo) são superiores a de uma abertura comum (EXP-Conf02). Esses representam um valor de 6 dB de isolamento a mais que uma fachada com janela com abertura similar e 6 dB a menos que uma fachada com janela fechada. Pode-se dizer que o peitoril ventilado pode ser um componente representativo a ser agregado na melhora do desempenho acústico de fachadas que envolvem climatização natural.

### 6.1.1.2 Segunda etapa: “Melhoramento” – Melhora do desempenho acústico

A segunda etapa desta “fase experimental” foi baseada nos resultados de desempenho da geometria do peitoril ventilado da configuração EXP-Conf04 (peitoril longo) e investigou o desempenho acústico de novas configurações, utilizando variações de tratamento do elemento com inserção de novos aplicativos como materiais absorvedores, no caso lã de rocha e/ou furos representando ressonadores. Estas novas configurações (Tabela 6.3) foram definidas como: EXP-Conf05 (Absorvedor parede da edificação), EXP-Conf06 (Absorvedor superfície peitoril), EXP-Conf07 (Ressonador, furos 60mm parede do peitoril sem absorvedor) e EXP-Conf08 (Ressonador, furos 60mm parede do peitoril com absorvedor).

**Tabela 6.3:** Resumo das configurações de peitoris ventilados investigados na segunda etapa da FASE EXPERIMENTAL

Segunda etapa – FASE EXPERIMENTAL				
Tipologias investigadas				
Configurações	EXP-Conf 05	EXP-Conf 06	EXP-Conf 07	EXP-Conf 08
<b>Representações</b>				
<b>Denominações</b>	Absorvedor parede da edificação	Absorvedor superfície peitoril	Ressonador, furos 60mm parede do peitoril sem absorvedor na cavidade do peitoril	Ressonador, furos 60mm parede do peitoril com absorvedor na cavidade do peitoril

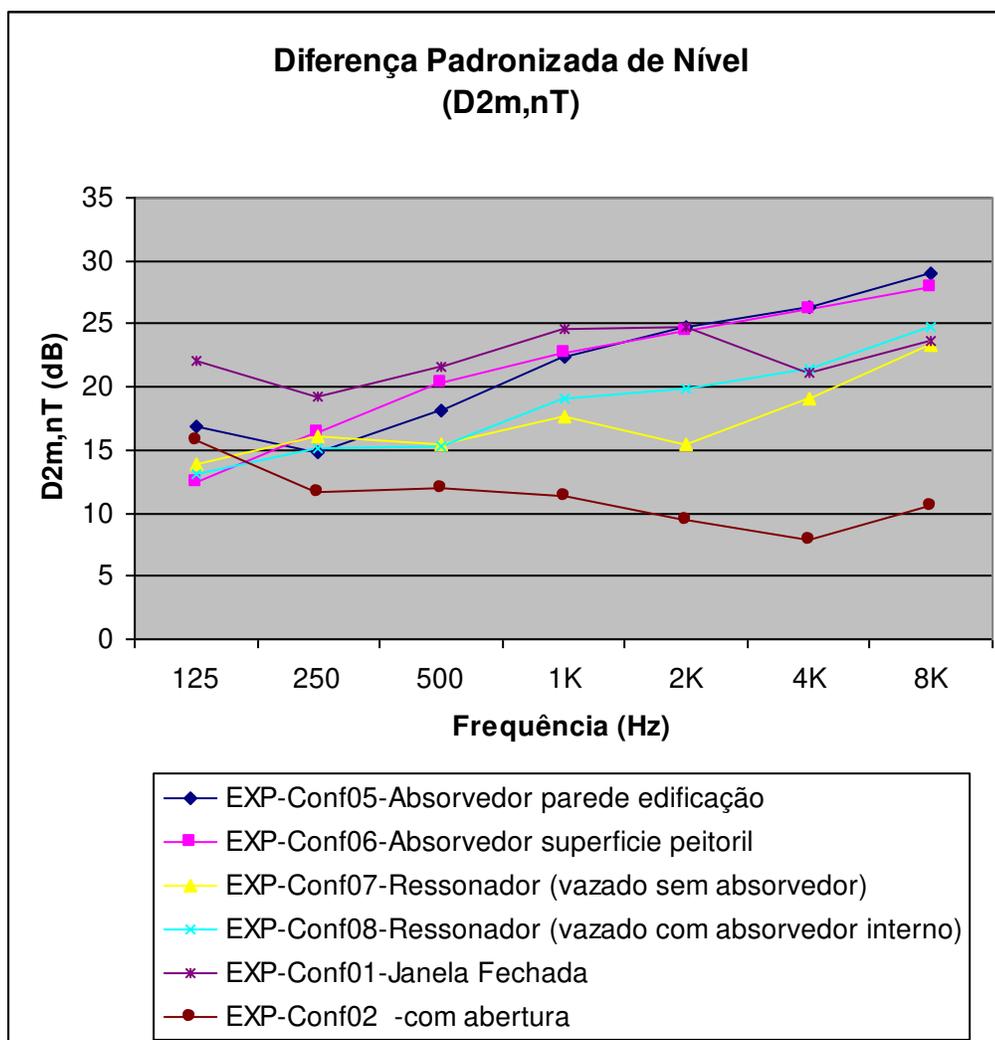
Os resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT), em função da frequência, apresentados na Tabela 6.4 e na Figura 6.2, mostram a importância da escolha da superfície interna (cavidade) do peitoril na melhora do desempenho acústico do elemento, seja ela a parede

da edificação (EXP-Conf05) ou a parede do peitoril (EXP-Conf06), quando comparados a uma fachada de janela com abertura (EXP-Conf02). Outro aspecto interessante a ser considerado, nesses resultados, é que um condicionante de fachada (peitoril ventilado), ao ter sua composição estrutural modificada, seja pela presença de um elemento absorvedor (lã de rocha) ou pela alteração na sua estrutura física (ressonadores), o isolamento sonoro, embora pequeno ainda nas baixas frequências, melhora consideravelmente nas médias e altas.

Outro fator a ser considerado, na Figura 6.2, é referente à melhora no desempenho acústico nas altas frequências (acima de 2000Hz) por conta da presença da lã de rocha nas configurações EXP-Conf05 e EXP-Conf06, em comparação com a janela fechada (EXP-Conf01), mostrando, mais uma vez, a importância da inserção de materiais absorvedores nesses elementos de fachada.

**Tabela 6.4:** Resumo dos resultados investigados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) em dB referente aos protótipos avaliados na segunda etapa da FASE EXPERIMENTAL

FASE EXPERIMENTAL									
Segunda Etapa – “Melhoramento”									
Tipologia	Padrão Protótipo- (Descritivo)	$D_{2m,nT}$ (dB)							$D_{2m,nTw'}$ (dB)
		Frequências (Hz)							
		125	250	500	1000	2000	4000	8000	
<b>EXP-Conf05</b>	Absorvedor parede edificação	16,9	14,8	18,2	22,4	24,8	26,3	29	<b>21,8</b>
<b>EXP-Conf06</b>	Absorvedor superfície peitoril	12,4	16,4	20,4	22,7	24,5	26,2	27,9	<b>23,0</b>
<b>EXP-Conf07</b>	Ressonador - Furos 60mm parede peitoril vazado sem absorvedor)	13,8	16,1	15,5	17,6	15,4	19,1	23,3	<b>16,8</b>
<b>EXP-Conf08</b>	Ressonador - Furos 60mm parede peitoril vazado com absorvedor	13,1	15,2	15,3	19,0	19,9	21,5	24,7	<b>18,3</b>



**Figura 6.2:** Resultados do gráfico da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) investigados, em função da frequência, referente aos protótipos avaliados na segunda etapa da FASE EXPERIMENTAL

Os resultados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ) para as duas etapas estão apresentados na Tabela 6.5. Esses resultados comprovam o que já foi mencionado anteriormente em relação à importância das superfícies da cavidade do peitoril ventilado, uma vez que seus valores chegaram muito próximo ao de uma janela fechada com  $D_{2m,nTw}'$  de 24 dB. A Configuração EXP-Conf06, que representa o desempenho acústico da situação com a inserção do material absorvedor na parede do peitoril, apresentou melhor desempenho, com  $D_{2m,nTw}'$  de 23 dB. Com base nesses resultados, as próximas tipologias propostas foram desenvolvidas, considerando algumas modificações nos aspectos referentes à parede e ao material da cavidade do peitoril.

**Tabela 6.5:** Resultados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nT,w'}$ ) em dB para as diferentes configurações analisadas na primeira e segunda etapa da FASE EXPERIMENTAL.

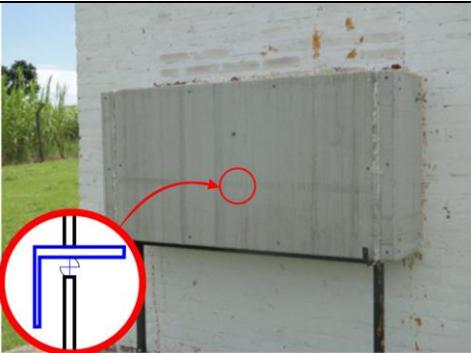
FASE EXPERIMENTAL			
Etapas	Configurações	Tipologia das Janelas	$D_{2m,nT,w'}$ (dB)
<b>Primeira</b> (Investigação)	EXP-Conf01	Fechada	<b>24,0</b>
	EXP-Conf02	Com abertura	<b>11,5</b>
	EXP-Conf03	Com Peitoril Curto	<b>17,8</b>
	EXP-Conf04	Com Peitoril Longo	<b>17,5</b>
<b>Segunda</b> (Melhoramento)	EXP-Conf05	Absorvedor parede edificação (com peitoril longo)	<b>21,8</b>
	EXP-Conf06	Absorvedor parede peitoril (com peitoril longo)	<b>23,0</b>
	EXP-Conf07	Ressonador sem absorvedor interno (com peitoril longo)	<b>16,8</b>
	EXP-Conf08	Ressonador com absorvedor interno (com peitoril longo)	<b>18,3</b>

### 6.1.2 Fase Aplicativa

A fase aplicativa foi desenvolvida, utilizando-se da construção e montagem de vários tipos de peitoris ventilados introduzidos em uma fachada com abertura fixa pré-estabelecida. As pesquisas foram desenvolvidas em tres etapas denominadas: “comparação”, “investigação” e “melhoramento”.

A primeira etapa, denominada “*comparação*”, constituiu em medições de alguns aspectos de fachada, comumente encontrados na construção civil, os quais serviriam para comparação com as demais etapas. Estes aspectos foram: fachada totalmente fechada com alvenaria, fachada fechada com uma abertura padrão similar para todos os peitoris, fachada com janela acústica (vidro duplo separados de 20mm), fachada com janela de vidro simples e peitoril ventilado com abertura existente, fechada por elemento em madeira simulando janela basculante fechada para a condição temporária. Essa etapa pode ser visualizada, resumidamente, na Tabela 6.6.

**Tabela 6.6:** Resumo das composições construtivas diferenciadas na FASE APLICATIVA, investigadas em tres etapas: Etapa “comparação”.

<b>COMPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS DIFERENCIADAS</b>			
Etapa “Comparação” (C): Fase Aplicativa			
<b>Fechado</b> <b>C01</b>	<b>Com abertura</b> <b>C02</b>	<b>Vidro Duplo</b> <b>C03</b>	<b>Vidro Simples</b> <b>C04</b>
			
<b>Fechamento com basculante</b> <b>C05</b>		<b>Fibra de coco parede edificação</b> <b>C06</b>	
			

Na segunda etapa, denominada “investigação”, foram construídos peitoris ventilados diversificados, alguns com superfícies mais refletivas e outros com superfícies mais absorvedoras. Em alguns casos, os peitoris ventilados foram construídos com placas duplas como sanduíches, onde, na estrutura interna, foram utilizados lã de rocha, placa de fibra de coco ou poliuretano rígido, com espessura entre 50 a 60mm. Os materiais empregados foram: placa de granito (I01), placa de concreto aparente (I02), madeira compensada melanina dupla com lã de rocha na cavidade (I03), chapa cimentícia dupla com lã de rocha, chapa metálica dupla com lã de rocha, telha metálica termoacústica dupla com poliuretano e chapa viroc dupla com placa de fibra de coco. Esses elementos investigados são discriminados na Tabela 6.7.

**Tabela 6.7:** Resumo das composições construtivas diferenciadas na FASE APLICATIVA, investigadas em tres etapas: Etapa “investigação”.

<b>COMPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS DIFERENCIADAS</b>			
Etapa “Investigação” (I): Fase Aplicativa			
<b>Granito</b>	<b>Concreto</b>	<b>Chapa Metálica</b>	<b>Madeira</b>
<b>I01</b>	<b>I02</b>	<b>I03</b>	<b>I04</b>
			
<b>PVC</b>	<b>Telha Termo-acústica</b>	<b>Chapa Cimentícia</b>	<b>Placa Viroc</b>
<b>I05</b>	<b>I06</b>	<b>I07</b>	<b>I08</b>
			

Na terceira etapa, denominada “*melhoramento*”, buscou-se aperfeiçoar o desempenho acústico dos peitoris ventilados. Para tal, foi criada uma placa de chapa metálica dupla com uma face lisa e outra face com chapa tipo moeda, onde foi utilizada, na cavidade interna, lã de rocha de 50mm. Essa peça, com dimensões de 300mm de altura, 1190mm de comprimento e 500mm de largura foi suspensa na parede externa da edificação e abaixo da abertura, entre a parede da edificação e a parede interna do peitoril. Para essa avaliação, todas as situações discriminadas na segunda etapa foram repetidas, diferenciando da etapa anterior apenas pela utilização deste novo componente. Esses elementos investigativos são apresentados na Tabela 6.8.

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado***Tabela 6.8:** Resumo das composições construtivas diferenciadas na FASE APLICATIVA, investigadas em tres etapas: Etapa “melhoramento”.

<b>COMPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS DIFERENCIADAS</b>			
Etapa “Melhoramento” (M): Fase Aplicativa			
<b>Granito com placa</b>	<b>Concreto com placa</b>	<b>Chapa Metálica com placa</b>	<b>Madeira com placa</b>
<b>M01</b>	<b>M02</b>	<b>M03</b>	<b>M04</b>
			
<b>PVC com placa</b>	<b>Telha Termo-acústica com placa</b>	<b>Chapa Cimentícia com placa</b>	<b>Placa Viroc com placa</b>
<b>M05</b>	<b>M06</b>	<b>M07</b>	<b>M08</b>
			

**6.1.2.1 Primeira etapa: “Comparação”**

Essa etapa baseou-se em investigar situações que servissem de comparações com as diversas tipologias de peitoril ventilado já investigadas. A Tabela 6.9 mostra os resultados da Diferença Padronizado de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) em função da frequência nas situações dos diversos tipos de fechamento dos protótipos: fechado com alvenaria, com abertura, com vidro duplo, com vidro simples, com peitoril com abertura fechada tipo basculante e com peitoril com aplicação da fibra de coco na parede edificação. Esses mesmos resultados são apresentados graficamente no apêndice.

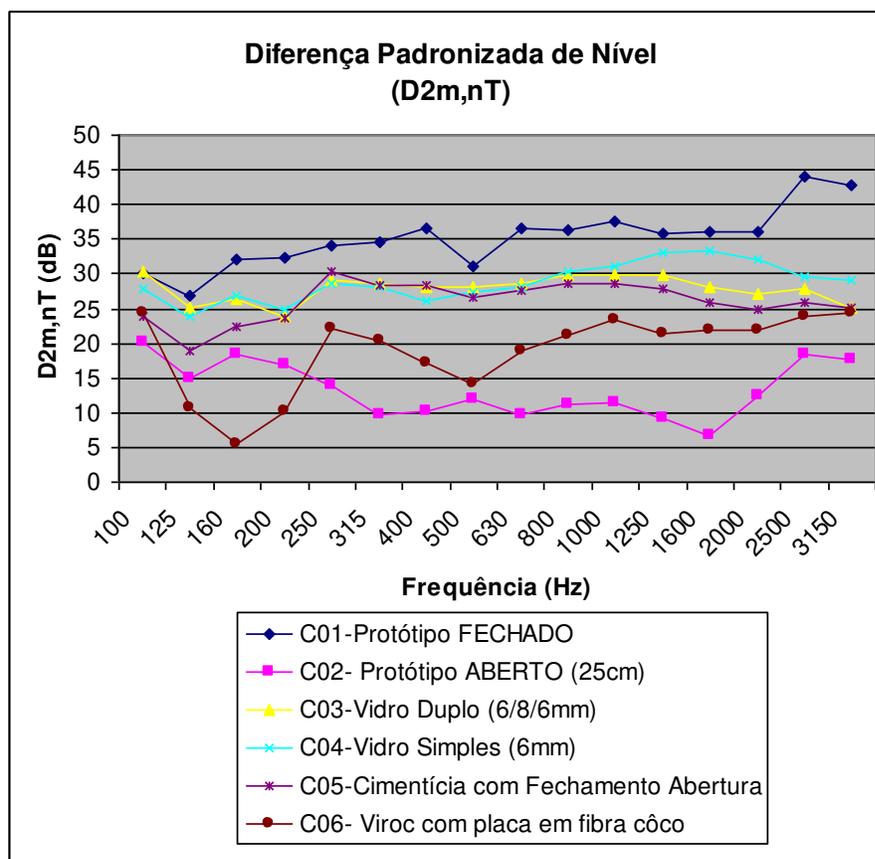
**Tabela 6.9** Resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e da Diferença Pradonizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}'$ ) em dB das situações da Fase Aplicativa - Etapa “Comparação” – FASE APLICATIVA.

<b>FASE APLICATIVA</b>						
<b>Etapa “Comparação”</b>						
<b>Tipologias</b>						
Frequência (Hz)	<b><math>D_{2m,nT}</math> (dB)</b>					
	<b>C01</b>	<b>C02</b>	<b>C03</b>	<b>C04</b>	<b>C05</b>	<b>C06</b>
	<b>Fechada com alvenaria</b>	<b>Com abertura (1190mm x 200mm)</b>	<b>Vidro Duplo</b>	<b>Vidro Simples</b>	<b>Peitoril com Placa Cimentícia com Fechamento Basculante na Abertura</b>	<b>Peitoril com Placa Viroc com fibra de Coco aplicado na parede da edificação</b>
<b>100</b>	30,0	20,1	30,3	27,8	24,0	24,4
<b>125</b>	26,8	15,0	25,2	23,8	18,8	10,6
<b>160</b>	32,0	18,3	26,3	26,9	22,5	5,5
<b>200</b>	32,3	17,0	23,8	25,0	23,6	10,3
<b>250</b>	34,0	14,0	29,1	28,5	30,3	22,2
<b>315</b>	34,6	9,7	28,7	28,0	28,4	20,5
<b>400</b>	36,6	10,3	28,2	26,0	28,3	17,1
<b>500</b>	31,1	12,0	28,0	27,3	26,5	14,1
<b>630</b>	36,6	9,8	28,5	28,0	27,6	18,8
<b>800</b>	36,4	11,2	29,8	30,3	28,5	21,1
<b>1000</b>	37,6	11,4	29,9	31,1	28,6	23,4
<b>1250</b>	35,8	9,2	29,9	33,0	27,8	21,3
<b>1600</b>	36,0	6,8	28,2	33,4	25,8	21,9
<b>2000</b>	36,0	12,5	27,2	32	24,9	22,0
<b>2500</b>	44,1	18,3	27,8	29,7	25,8	23,9
<b>3150</b>	42,7	17,6	25,1	29,2	25,1	24,5
<b><math>D_{2m,nTw}'</math> (dB)</b>	<b>37</b>	<b>12</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>27</b>	<b>21</b>

A Figura 6.3 apresenta o resumo dos resultados, mostrando graficamente a diferença existente do desempenho acústico em função da frequência entre essas situações investigadas. As maiores diferenças de desempenho ficam por conta da situação entre a fachada fechada (C01) e a com abertura (C02). A fachada fechada apresenta melhor desempenho e a fachada com abertura o pior desempenho. Observa-se, nas outras duas tipologias usadas, fachada com vidro duplo(C03) e vidro simples(C04), que ocorreu um comportamento acústico quase plano em função da

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado*

frequência, não havendo diferenças significativas de desempenho acústico entre as duas situações, para frequência entre 315Hz e 1000Hz, os dois elementos perdem um pouco de seu desempenho de isolamento. Nas frequências acima de 1000Hz, o vidro simples apresentou uma pequena melhora em consideração ao vidro duplo. A presença do peitoril ventilado com uma abertura fechada com madeira tipo janela basculante(C05) apresentou similar característica à fachada com vidro duplo e simples, porém, nas frequências baixas, abaixo de 315Hz, esse desempenho foi considerado pior que os das outras duas situações (C03 e C04). O comportamento do item C06 da placa viroc com placa absorvedora executada com fibra de coco apresenta curva espectral diferentes das demais uma vez que a sua tipologia é caracterizada com a presença de uma abertura. Esse item será mais adiante avaliado, pois sua comparação mostrará o desempenho de materiais mais sustentáveis em relação a outros com fontes menos sustentáveis.



**Figura 6.3:** Gráfico apresentando os resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) em dB das situações investigadas da Etapa “Comparação” – FASE APLICATIVA.

Os resultados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ) dos elementos investigados, segundo a norma 717-1 (1996), que representa um valor único de isolamento, são apresentados na Tabela 6.9. Pode-se observar a pouca diferença de desempenho entre o vidro duplo(C03) e vidro simples(C04) (diferença de 1dB). A fachada fechada (C01), ao ser inserida uma janela com vidro simples(C04) ou duplo (C03), apresenta uma perda de desempenho da ordem de 7dB a 8dB. Os valores de desempenho entre a parede fechada(C01) e a parede com abertura(C02) é significativa, havendo uma perda de 25dB de isolamento da parede quando a abertura é implantada na fachada. Essa mesma parede, utilizando-se de um peitoril, porém com uma abertura similar à situação C02, quando fechada com madeira tipo basculante(C05), apresentou uma perda de 2dB em relação à situação do vidro duplo e 3dB do vidro simples. A utilização do peitoril ventilado com a placa em fibra de coco absorvedora, na parede da edificação, apresentou valores de 21 dB para a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ), uma perda de 6dB para quando a situação C05 com peitoril ventilado estava com sua abertura fechada.

### **6.1.2.2 Segunda etapa: “Investigação”**

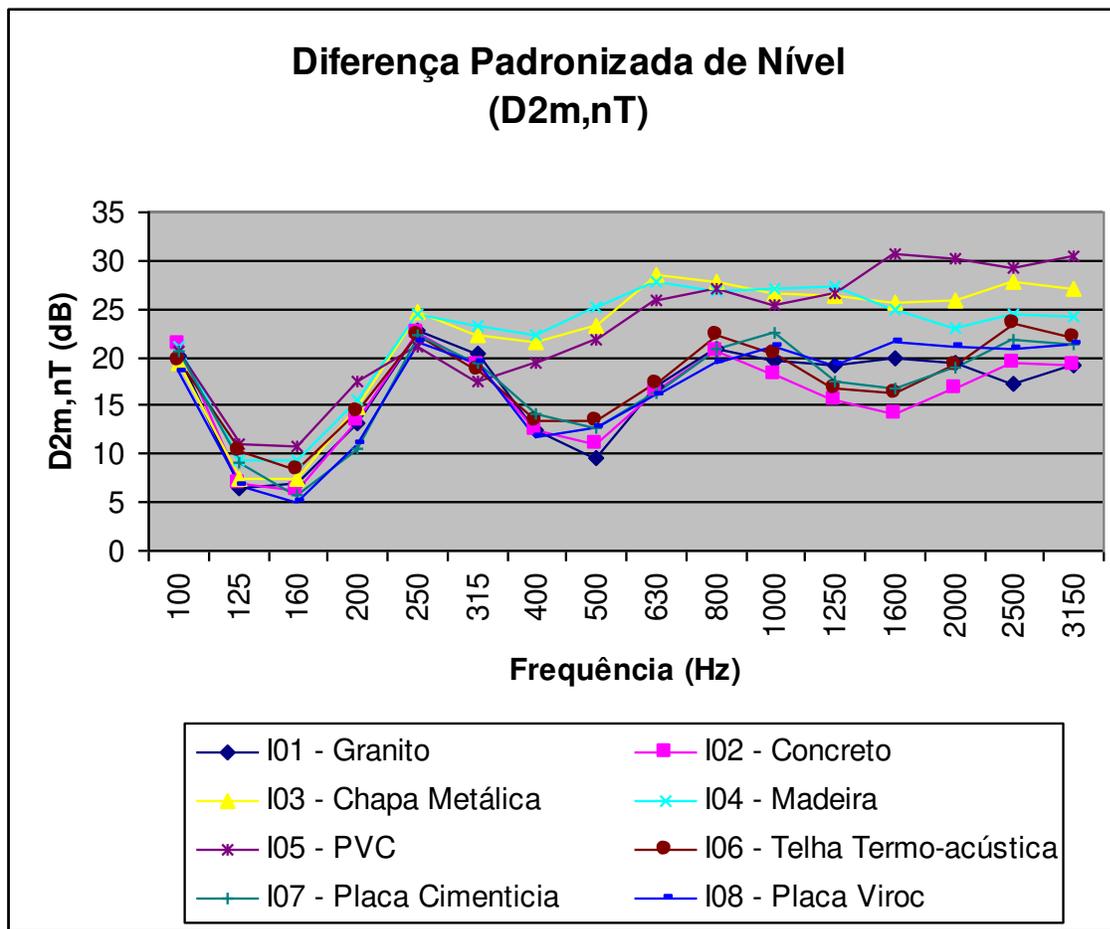
Essa fase representa a implantação de novos elementos na fachada investigada por intermédio da inserção de diferentes tipologias de peitoris ventilados. Os resultados dos valores da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ), em função da frequência, foram obtidos e são apresentados na Tabela 6.10. Esses valores mostram a atenuação sonora dos elementos investigados. A Figura 6.4 representa a Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) em função da frequência das diversas tipologias (granito, concreto, chapa metálica, madeira, pvc, telha termo-acústica, placa cimentícia e placa viroc) resunidas num único gráfico. Pode-se observar que o desempenho acústico das tipologias investigadas apresentaram, nas frequências abaixo de 160Hz, valores de isolamento pequenos. Nas médias frequências (500Hz), essa característica já sofre algumas divergências, uma vez que os materiais investigados apresentaram comportamento muito diferentes. O granito(I01) e o concreto(I02) representaram os piores desempenhos com valores em torno de 10dB, seguidos de uma pequena melhora com os peitoris em placa

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado*

cimentícia(I07) e placa viroc em torno de 12,8dB. Nessa mesma faixa de frequência (média), os peitoris com tipologia I03(chapa metálica), I04(madeira) e I05(pvc) apresentaram melhoras consideráveis, pois ficaram com desempenho entre 22dB a 25dB. Analisando as tipologias na alta frequência (2000Hz), pode-se dizer que o peitoril com pvc(I05) apresentou o melhor desempenho na ordem de 30dB, seguidos da chapa metálica(I03) e madeira(I04), com valores de 26dB e 23dB, respectivamente. É interessante mencionar que das oito tipologias investigadas, a chapa metálica(I03), madeira(I04) e o pvc(I05) apresentaram menores oscilações acima da frequência de 250dB, assim como, os melhores desempenhos.

**Tabela 6.10:** Resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) e Diferença Padronizada de Nível Ponderada (D2m,nTw') em dB das situações investigadas na FASE APLICATIVA – Etapa “Investigação”

FASE APLICATIVA								
ETAPA “Investigação”								
Tipologias								
Freq. (Hz)	D2m,nT (dB)							
	I01 Granito	I02 Concreto	I03 Chapa Metálica	I04 Madeira	I05 PVC	I06 Telha Termo- acústica	I07 Placa Cimentícia	I08 Placa Viroc
100	20,2	21,4	19,5	21,2	20,6	19,6	20,6	18,5
125	6,5	7,0	7,5	9,3	11,1	10,4	9,2	6,7
160	6,9	6,2	7,4	9,4	10,7	8,4	5,7	5,0
200	13,1	13,5	14,8	15,7	17,6	14,3	10,6	11,0
250	22,8	22,5	24,7	24,4	21,1	22,3	22,2	21,5
315	20,4	19,2	22,3	23,3	17,5	18,6	19,5	19,5
400	12,5	12,5	21,5	22,2	19,5	13,5	14,2	11,7
500	9,5	11,0	23,3	25,2	21,9	13,4	12,8	12,8
630	17	16,6	28,5	27,8	25,8	17,2	16,4	16,0
800	20,8	20,7	27,8	26,8	27,2	22,3	20,9	19,4
1000	19,7	18,3	26,6	27,1	25,3	20,4	22,6	21,2
1250	19,1	15,7	26,3	27,4	26,7	16,9	17,5	19,1
1650	19,8	14,2	25,6	25,0	30,7	16,4	16,9	21,6
2000	19,4	16,7	26,0	23,1	30,3	19,1	18,9	21,1
2500	17,3	19,4	27,7	24,5	29,3	23,4	21,9	20,8
3150	19,1	19,2	27,2	24,2	30,4	22,1	21,4	21,4
<b>D2m,nTw' (dB)</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>19</b>



**Figura 6.4:** Gráfico apresentando os resultados da Diferença de Nível Padronizada (D2m,nt) das situações da FASE APLICATIVA - Etapa “Investigação”

O número único de isolamento dado pela Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nT_w}$ ) dos elementos investigados nesta etapa denominada “investigação” são apresentados na Tabela 6.10. De acordo com esses dados, o peitoril com PVC (I05) apresentou o melhor desempenho acústico global com 26dB, seguido da chapa metálica e madeira com 25dB. Os peitoris ventilados feitos de outros materiais mantiveram os seus valores de desempenho entre 16dB e 19dB. Isso representa que a mesma fachada, com a mesma abertura com a inserção de elementos tipo peitoris ventilados executados com composições construtivas diferenciadas, pode variar seu desempenho acústico. Nos casos estudados essa variação representou uma diferença de 9dB, isto é, entre 16dB a 26dB.

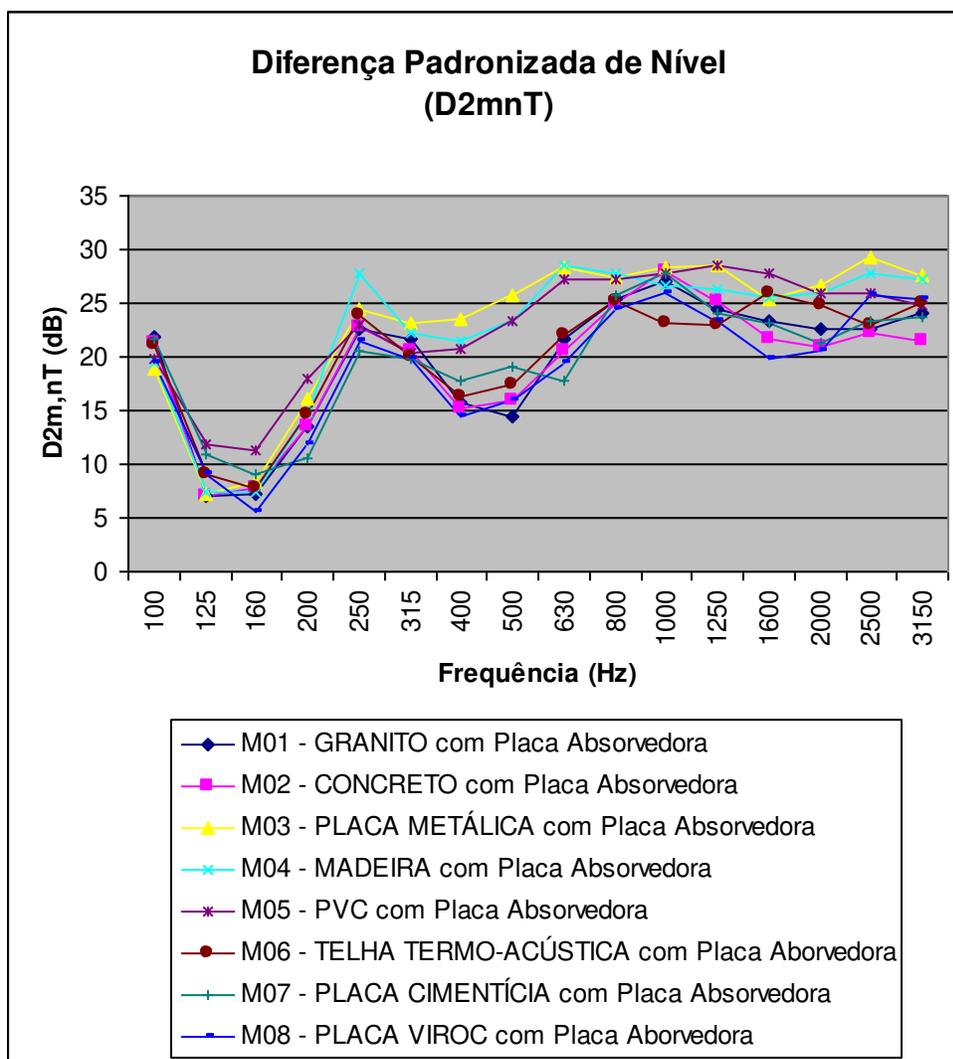
### **6.1.2.3 Terceira etapa: “Melhoramento”**

Na fase experimental, alguns ensaios foram realizados e verificou-se que a parede da superfície da edificação tem um papel importante no desempenho acústico destes elementos (peitoris ventilados). Nessa terceira etapa, buscou-se investigar qual seria a contribuição dessa parede na melhoria do desempenho acústico das diversas tipologias investigadas na etapa 2. Os resultados da Diferença Padronizada de Nivel Ponderada (D2m,nT), em função da frequência proveniente dos ensaios com utilização de uma placa absorvedora padrão, situada na parede da edificação, em todas as situações de elementos investigados, podem ser observados na Tabela 6.11. Observa-se, nessa tabela, um baixo desempenho de todos os elementos investigados na frequência inferior a 250Hz, da ordem de 7dB a 11dB. Nas médias frequências (500Hz), inicia-se a melhora do desempenho acústico para os elementos investigados. Os elementos M01(granito), M02(concreto) e M08(viroc) apresentaram um ligeira melhora, porém esse desempenho ficou ainda na ordem de aproximadamente 15dB. O elemento M06(telha metálica) juntamente com o elemento M07(placa cimentícia) ficaram com valores entre 17dB a 19dB. O elemento M03(chapa metálica) apresentou, nessa faixa, o melhor desempenho com 25,7dB, tendo desempenho próximo aos elementos M04(madeira) e M05(pvc) com 23dB. Nas frequências de 1000Hz e 2000Hz, as diferentes tipologias apresentaram uma melhora significativa para todos os elementos, ficando entre 21dB e 28dB, caracterizando a importância da presença do material absorvedor aplicado na parede da edificação. Os gráficos que representam o comportamento acústico, do isolamento dado pela Diferença Padronizada de Nivel em função da frequência dos diferentes elementos de peitoris ventilados utilizados para investigação, podem ser vistos individualmente, no apêndice, e resumidamente, em um único gráfico, na Figura 6.5.

## Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado

**Tabela 6.11:** Resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) das situações investigadas da FASE APLICATIVA – Etapa “Melhoramento”

FASE APLICATIVA								
ETAPA “Melhoramento”								
Tipologias								
Freq. (Hz)	$D_{2m,nT}$ (dB)							
	M01	M02	M03	M04	M05	M06	M07	M08
	Granito c/ placa Absorv.	Concreto c/ placa Absorv.	Chapa Metálica c/ placa Absorv.	Madeira c/ placa Absorv.	PVC c/ placa Absorv.	Telha Termo- acústica c/ placa Absorv.	Placa Cimentícia c/ placa Absorv.	Placa Viroc c/ placa Absorv.
100	21,9	21,3	18,8	19,5	19,8	21,2	21,7	19,5
125	7,1	7,1	7,3	7,5	11,8	9,0	10,9	9,0
160	7,2	7,8	8,3	7,4	11,3	7,7	9,1	5,5
200	13,6	13,6	16,1	14,9	18,0	14,7	10,6	11,8
250	22,6	22,7	24,4	27,7	22,9	23,9	20,6	21,4
315	21,6	20,5	23,2	22,3	20,3	20,0	19,8	19,8
400	15,7	15,1	23,5	21,5	20,7	16,3	17,8	14,5
500	14,5	16,0	25,7	23,3	23,4	17,4	19,1	15,9
630	21,7	20,5	28,3	28,5	27,3	22	17,7	19,5
800	25,4	25,0	27,5	27,8	27,3	24,1	25,8	24,4
1000	27,0	28,0	28,4	26,6	27,8	23,2	27,8	25,9
1250	24,4	25,2	28,5	26,3	28,6	23,0	24,1	23,4
1650	23,3	21,7	25,4	25,6	27,7	26,0	23,2	19,8
2000	22,6	21,0	26,6	25,9	26,0	24,8	21,3	20,6
2500	22,6	22,2	29,2	27,7	26,0	22,9	23,4	25,7
3150	24,0	21,4	27,6	27,2	24,9	25,0	23,7	25,4
<b><math>D_{2m,nTw'}</math> (dB)</b>	<b>22</b>	<b>21</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>22</b>



**Figura 6.5:** Gráfico apresentando os resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) das diferentes tipologias da FASE APLICATIVA - Etapa “Melhoramento”

O número único de isolamento dado pela Diferença Padronizada de Nível Ponderada (D2m,nTw’) dos elementos investigados, nessa etapa “melhoramento”, são apresentados na Tabela 6.11. De acordo com esses dados, os peitoris de chapa metálica(M03), de madeira(M04) e de pvc(M5) apresentaram os melhores desempenhos entre 26dB e 25dB. O peitoril de concreto(M02) e o peitoril de viroc (M08) ficaram com desempenhos acústicos de 21dB. Os elementos de granito(M01) e de chapa cimentícia(M07) com 22dB, e finalizando, o peitoril de telha termo-acústica(M06) com 23dB. Observa-se, nas tipologias de peitoris ventilados com a

aplicação da placa absorvedora na parede da edificação, que o desempenho acústico apresentou uma variação entre 21dB a 26dB. Isso significa um acréscimo de 5dB.

## **6.2 Comparação de desempenho acústico entre as tipologias construtivas**

No item 6.1 deste capítulo, foi apresentado o desempenho acústico das diversas tipologias investigadas em etapas distintas. A fase investigativa serviu apenas para conhecer algumas características apresentadas do peitoril ventilado, as quais serviram de pré-teste para a fase seguinte. A fase aplicativa baseou-se em conhecer o comportamento acústico de diversas tipologias do peitoril ventilado, comumente encontrado no mercado da construção civil. Para uma melhor compreensão das etapas, estes valores serão analisados em grupos, de acordo com suas características construtivas: grupo comparativo de desempenho acústico dos elementos de parede simples (granito e concreto); grupo comparativo de desempenho acústico dos elementos de paredes compostas, refletoras/absorvedoras/refletoras (telha termo-acústica, chapa cimentícia e placa viroc); grupo comparativo de desempenho acústico dos elementos de paredes compostas, sendo a parede externa refletora, a cavidade absorvedora e a parede interna do peitoril composta de material perfurado (chapa metálica, madeira e pvc). Todos esses grupos serão também comparados com a aplicação da placa absorvedora utilizada na parede interna da edificação. Análise comparativa entre materiais utilizados nas investigações mais sustentáveis que outros serão também referenciados neste trabalho.

### **6.2.1 Elementos compostos com material refletor: isolamento sonoro de parede simples**

A análise desenvolvida nessa etapa, referencia as tipologias dos peitoris ventilados construído de uma única placa denominada parede simples. Esses elementos são representados

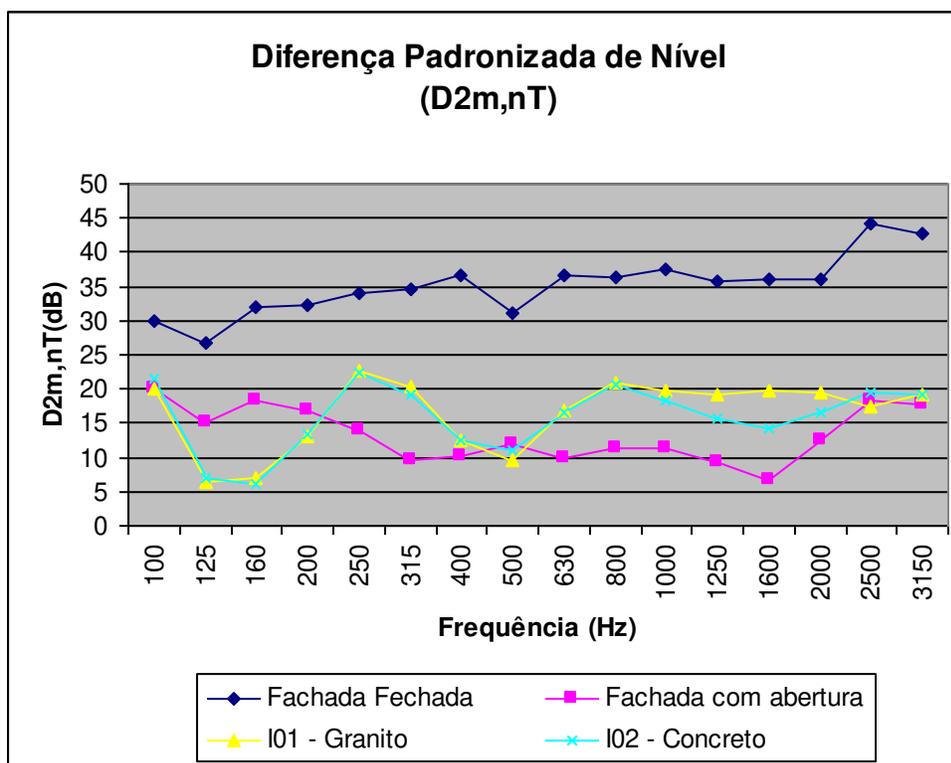
pelos peitoril em granito (I01) e peitoril em placa de concreto (I02). Essas duas composições foram investigadas com uma nova alternativa, utilizando placas absorvedoras na parede da edificação denominadas de peitoril em granito com placa absorvedora na parede da edificação (M01) e peitoril com placa em concreto com placa absorvedora na parede da edificação (M02) que serão apresentados a seguir.

### **6.2.1.1 Comparação de desempenho acústico entre tipologias similares: peitoril de granito e peitoril de concreto**

As duas tipologias apresentadas possuem características acústicas similares, pois são compostos de parede simples com características de superfícies lisas polidas e bastante refletoras. Conforme os dados de Diferença Padronizada de Nível em função da frequência apresentados na Tabela 6.12 e o na Figura 6.6, essas duas tipologias de peitoris ventilados apresentaram similaridade na curva espectral até a frequência de 800Hz. Após esta frequência o peitoril em granito apresentou uma pequena melhora até 2500Hz. Ao comparar esses dois elementos, pode-se dizer que o granito apresenta uma pequena melhora no desempenho acústico quando comparada com a resultados da Diferença Padronizada de Nível do concreto. Ao observar as características espectrais das tipologias de peitoris ventilados comparadas com a fachada com abertura similar a do peitoril, constatam-se dois pontos com comportamentos não muito favoráveis, que são: uma perda significativa nas frequências abaixo de 250Hz e uma queda brusca de desempenho na frequência de 500Hz, que logo a seguir, apresentam melhora acentuadas em comparação com a fachada com abertura. O desempenho acústico representado em Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ), apresentado na última linha da tabela 6.12, mostra que a presença de um peitoril com características refletoras e composto de parede simples melhora o desempenho da fachada com similar abertura em torno de 4dB (concreto) a 6dB (granito). A fachada com abertura que apresentava um desempenho de 12dB passou, com a utilização do peitoril em concreto, para 16dB e, com a presença do granito, para 18dB. A diferença de desempenho entre os dois elementos, isto é, peitoril em concreto e peitoril em granito, representou uma diferença de 2dB.

**Tabela 6.12:** Resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}'$ ) das tipologias compostas de paredes simples refletoras

<b>TIPOLOGIAS DE PEITORIS VENTILADOS COMPARADOS</b>						
<b>Freq. (Hz)</b>	<b><math>D_{2m,nT}</math> (dB)</b>					
	<b>C01</b>	<b>C02</b>	<b>I01</b>	<b>I02</b>	<b>M01</b>	<b>M02</b>
	<b>Fechado c/ alvenaria</b>	<b>Com abertura</b>	<b>Granito</b>	<b>Concreto</b>	<b>Granito c/ placa Absorv.</b>	<b>Concreto c/ placa Absorv.</b>
<b>100</b>	30,0	20,1	20,2	21,4	21,9	21,3
<b>125</b>	26,8	15,0	6,5	7,0	7,1	7,1
<b>160</b>	32,0	18,3	6,9	6,2	7,2	7,8
<b>200</b>	32,3	17,0	13,1	13,5	13,6	13,6
<b>250</b>	34,0	14,0	22,8	22,5	22,6	22,7
<b>315</b>	34,6	9,7	20,4	19,2	21,6	20,5
<b>400</b>	36,6	10,3	12,5	12,5	15,7	15,1
<b>500</b>	31,1	12,0	9,5	11,0	14,5	16,0
<b>630</b>	36,6	9,8	17	16,6	21,7	20,5
<b>800</b>	36,4	11,2	20,8	20,7	25,4	25,0
<b>1000</b>	37,6	11,4	19,7	18,3	27,0	28,0
<b>1250</b>	35,8	9,2	19,1	15,7	24,4	25,2
<b>1650</b>	36,0	6,8	19,8	14,2	23,3	21,7
<b>2000</b>	36,0	12,5	19,4	16,7	22,6	21,0
<b>2500</b>	44,1	18,3	17,3	19,4	22,6	22,2
<b>3150</b>	42,7	17,6	19,1	19,2	24,0	21,4
<b><math>D_{2m,ntw}'</math> (dB)</b>	<b>37</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>21</b>

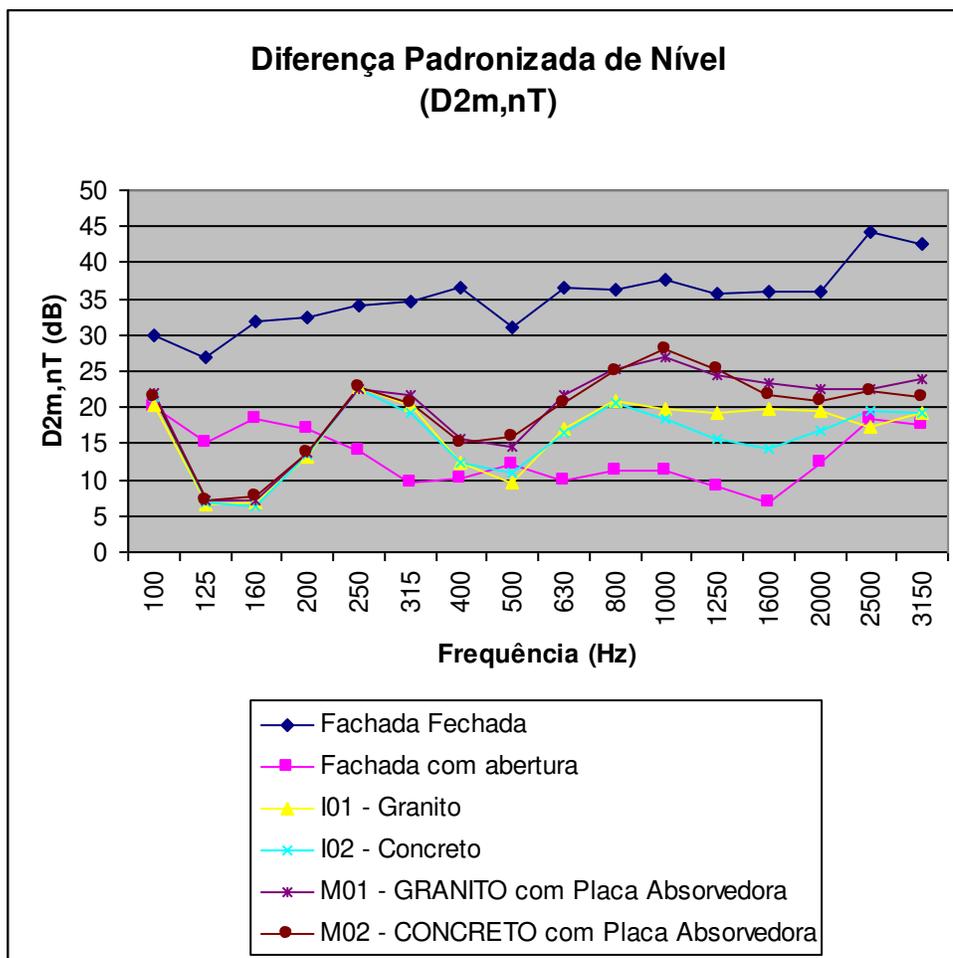


**Figura 6.6:** Resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) das tipologias compostas de paredes simples refletoras (granito e concreto) comparadas com fachada fechada e com fachada com abertura similar à do peitoril ventilado.

### 6.2.1.2 Comparação de desempenho acústico entre tipologias similares: peitoril de granito e peitoril de concreto com presença da placa absorvedora na parede da edificação.

O uso da placa absorvedora na parede da edificação representa a busca por melhorias no desempenho acústico dos peitoris ventilados investigados. A Tabela 6.12 e a Figura 6.7 apresentam os resultados da Diferença Padronizada de Nível em função da frequência encontradas. Observa-se que o desempenho acústico, em função da frequência dos peitoris ventilados com a presença da placa refletora, foram similares, uma vez que a curva espectral dos dois apresentaram melhoras mas sem diferenças espectrais entre as tipologias. Se as tipologias investigadas anteriormente, sem a presença da placa absorvedora, apresentavam pequenas divergências entre elas e alguns pontos de fraco desempenho, nessa investigação, as observações

passaram a ser praticamente despercebidas, exceto ainda o baixo desempenho nas frequências abaixo de 250Hz. A Diferença Padronizada de Nível Ponderada da Tabela 6.12 mostra alguns aspectos interessantes sobre o desempenho: a tipologia do granito com a placa absorvedora melhorou em 4dB o desempenho acústico sem a utilização desta, em 5dB, o desempenho acústico do peitoril de concreto na mesma situação. Analisando esses valores da fachada com similar abertura, observa-se que o peitoril ventilado, com a presença da placa absorvedora na parede da edificação, melhorou o desempenho de 12dB(fachada com abertura) para 22dB, no caso do peitoril em granito, e 21dB no caso do peitoril em concreto. Esses valores comparados representaram uma melhora entre 9dB a 10dB da fachada com similar abertura.



**Figura 6.7:** Resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) das tipologias composta de parede simples refletoras(granito e concreto) e a presença da placa absorvedora na parede da edificação.

## **6.2.2 Elementos compostos com material refletor-absorvedor-refletor: isolamento sonoro de parede composta**

As análises desenvolvidas nessa etapa referenciam as tipologias dos peitoris ventilados construídos de vários componentes, ou melhor, superfícies, denominados de parede composta. Os elementos são caracterizados por três camadas de materiais. A face externa e interna dos peitoris ventilados construídos é caracterizada por um material refletor e nas duas faces são similares. Estes materiais foram: chapa metálica termoacústica, placa cimentícia e placa viroc. Na cavidade interna dos peitoris, foram utilizados materiais absorvedores. poliuretano, lã de rocha e fibra de coco. Os peitoris ventilados foram assim apresentados: peitoril em telha termoacustica com cavidade em poliuretano (I06), peitoril com placa cimentícia com cavidade em lã de rocha (I07) e peitoril em placa viroc com cavidade em fibra de côco (I08). Essas composições foram investigadas com uma nova alternativa, utilizando uma placa absorvedora na parede da edificação, denominadas de peitoril de telha termo-acústica com placa absorvedora na parede da edificação (M06), peitoril de placa cimentícia com placa absorvedora na parede da edificação (M07) e peitoril de placa viroc com placa absorvedora na parede da edificação (M08).

### **6.2.2.1 Comparação de desempenho acústico entre tipologias similares: peitoril de telha termo-acústica, peitoril de placa cimentícia e peitoril de placa viroc**

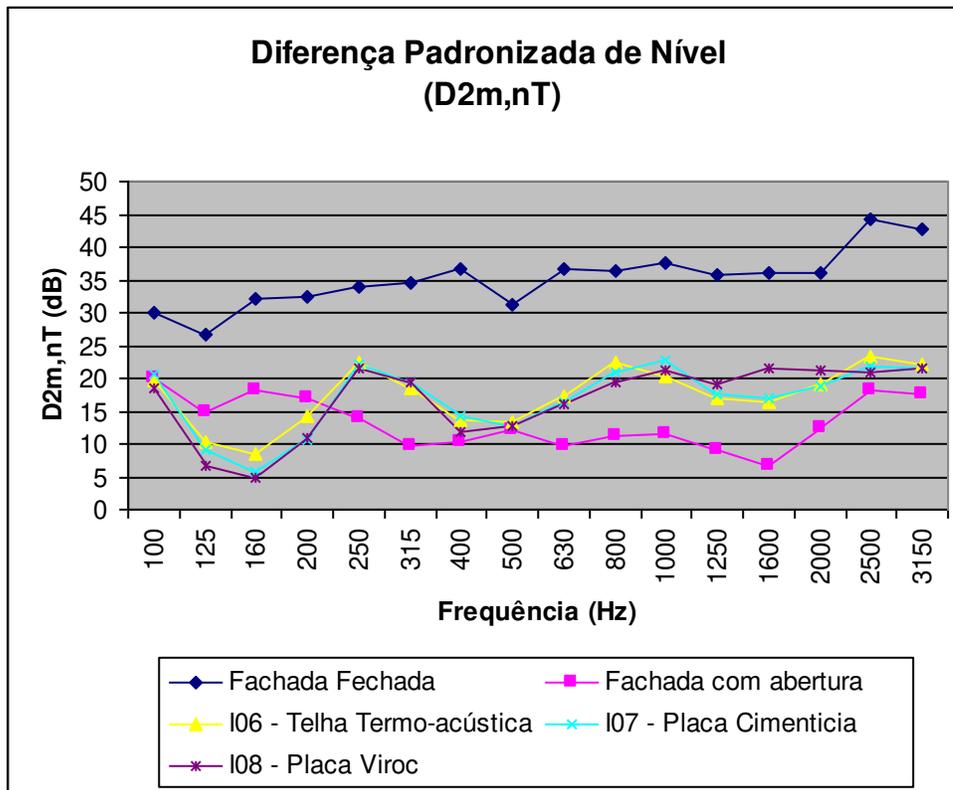
Esta análise corresponde à investigação do comportamento acústico de tipologias de isolamento, caracterizadas por paredes compostas, isto é, massa/mola/massa. Os materiais utilizados (telha termo-acústica, chapa cimentícia e placa viroc) possuem densidades superficiais diferenciadas, mas, basicamente, foram compostos por duas superfícies externas refletoras e a cavidade central preenchida por um componente absorvedor de características de absorção

diferentes (poliuretano, lã de rocha e fibra de coco). A Tabela 6.13 mostra a variação da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) em função da frequência das configurações investigadas e, na Figura 6.8, o gráfico relativo à Tabela 6.13. O comportamento acústico apresentado nesses resultados retratam um baixo desempenho nas frequências abaixo de 200Hz, similar ao mencionado anteriormente com as placas de granito(I01) e concreto(I02). Nessa faixa, a telha metálica(I06) demonstra uma pequena melhora em relação aos outros dois materiais. Na faixa de 500Hz, observamos uma nova queda de desempenho nessa frequência e posterior elevação de desempenho desses materiais, se comparados com a fachada com abertura. Nas altas frequências, quem apresentou desempenho mais linear em função da frequência foi o peitoril de placa de viroc(I08). Analisando o desempenho por meio dos valores da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nT,w'}$ ), observa-se que o peitoril ventilado construído com telha termo-acústica(I06) melhorou em 6dB o seu desempenho, em relação à fachada com abertura similar, passando de 12dB para 18dB. O desempenho acústico dos outros dois materiais (placa cimentícia e placa viroc) passou de 12dB (fachada com abertura) para 19dB, isto é 7dB. A diferença de desempenho entre os materiais com mesmas características de parede composta refletora-absorvedora-refletora (telha termo-acústica, placa cimentícia e placa viroc) foi muito pequena, representando apenas 01dB de melhora entre o peitoril com a placa cimentícia e o de placa viroc.

## Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado

**Tabela 6.13:** Resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) das tipologias de paredes compostas investigadas (refletora/absorvedora/refletora), telha termo-acústica, placa cimentícia e placa viroc.

TIPOLOGIAS DE PEITORIS VENTILADOS COMPARADOS								
Freq. (Hz)	$D_{2m,nT}$ (dB)							
	C01	C02	I06	I07	I08	M06	M07	M08
	Fechado com alvenaria	Com abertura	Telha Termo- acústica	Placa Cimentí- cia	Placa Viroc	Telha Termo- acústica c/ placa absorv.	Placa Cimentí- cia c/ placa absorv.	Placa Viroc c/ placa absorv.
100	30,0	20,1	19,6	20,6	18,5	21,2	21,7	19,5
125	26,8	15,0	10,4	9,2	6,7	9,0	10,9	9,0
160	32,0	18,3	8,4	5,7	5,0	7,7	9,1	5,5
200	32,3	17,0	14,3	10,6	11,0	14,7	10,6	11,8
250	34,0	14,0	22,3	22,2	21,5	23,9	20,6	21,4
315	34,6	9,7	18,6	19,5	19,5	20,0	19,8	19,8
400	36,6	10,3	13,5	14,2	11,7	16,3	17,8	14,5
500	31,1	12,0	13,4	12,8	12,8	17,4	19,1	15,9
630	36,6	9,8	17,2	16,4	16,0	22	17,7	19,5
800	36,4	11,2	22,3	20,9	19,4	24,1	25,8	24,4
1000	37,6	11,4	20,4	22,6	21,2	23,2	27,8	25,9
1250	35,8	9,2	16,9	17,5	19,1	23,0	24,1	23,4
1650	36,0	6,8	16,4	16,9	21,6	26,0	23,2	19,8
2000	36,0	12,5	19,1	18,9	21,1	24,8	21,3	20,6
2500	44,1	18,3	23,4	21,9	20,8	22,9	23,4	25,7
3150	42,7	17,6	22,1	21,4	21,4	25,0	23,7	25,4
<b><math>D_{2m,nTw'}</math> (dB)</b>	<b>37</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>21</b>



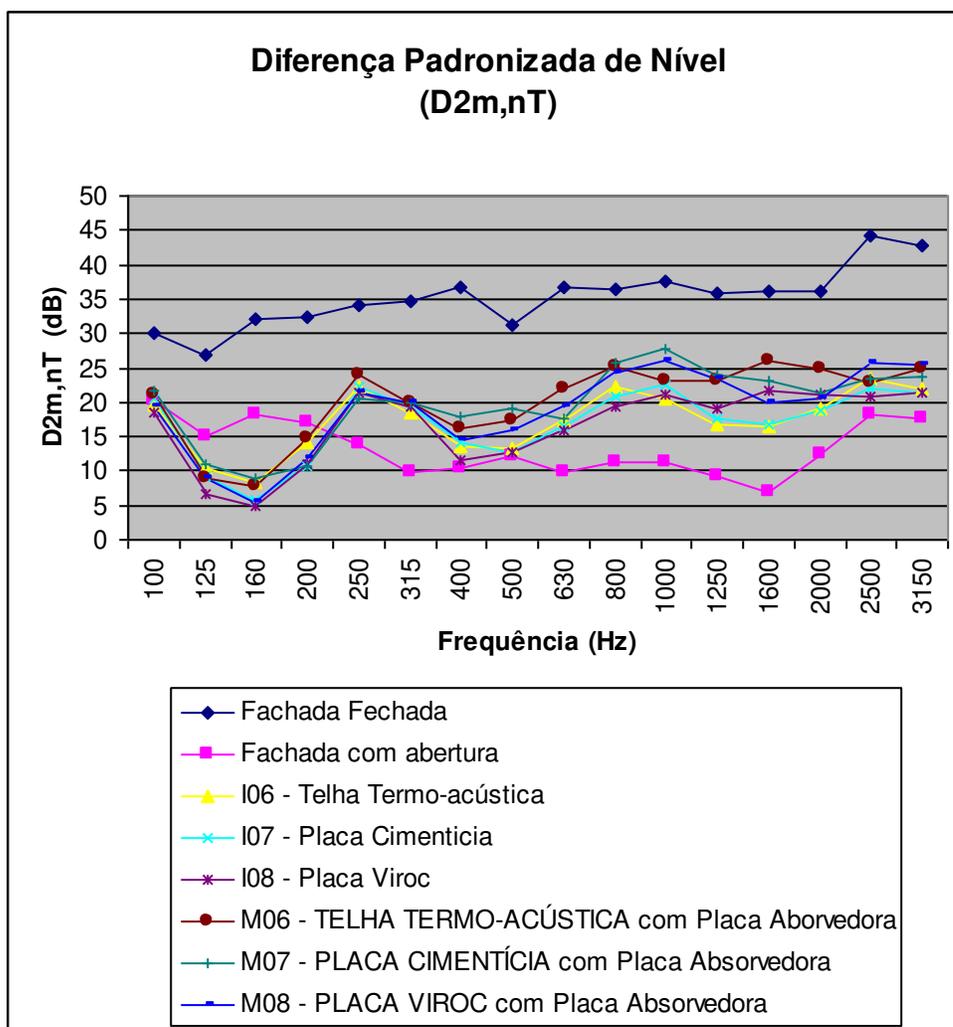
**Figura 6.8:** Resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) das tipologias de paredes compostas investigadas (refletora/absorvedora/refletora) entre as tipologias de telha termo-acústica, placa cimentícia e placa viroc

### 6.2.2.2 Comparação de desempenho acústico entre tipologias similares: peitoril de telha termo-acústica, peitoril de placa cimentícia e peitoril de placa viroc com a presença da placa absorvedora na parede da edificação

Após avaliação comparativa entre materiais com superfícies externas e internas refletoras e a cavidade desses elementos absorvedores, a próxima etapa para análise constituiu a utilização de uma placa absorvedora na parede da edificação. Essa placa é composta de uma chapa metálica perfurada com lã de rocha na sua cavidade. A Tabela 6.13 apresenta os resultados das diferentes tipologias em função da frequência na situação em que a placa absorvedora foi inserida na parede da edificação. Essa nova situação analisada foi denominada de peitoril M06 (telha

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado*

termoacústica), peitoril M07 (placa cimentícia) e peitoril M08 (placa viroc). Os peitoris investigados, construídos com as diferentes características mencionadas, apresentaram ligeiras modificações no desempenho acústico em função da frequência. Ao aplicar a placa absorvedora de lã de rocha, na parede da edificação observou-se uma melhora no desempenho acústico dos peitoris investigados, independentemente de qual seja sua construção. Sabendo-se que a lã de rocha utilizada na parede da edificação apresenta um desempenho absorvedor maior na média e alta frequência, os peitoris ventilados investigados continuaram assim com baixo desempenho nas baixas frequências e apresentaram uma pequena melhora nas médias e altas frequências como mostram a Tabela 6.13 e a Figura 6.9. Observa-se que o baixo desempenho encontrado na frequência de 500Hz, na etapa anterior (sem a presença da placa absorvedora), foi consideravelmente melhorado, uma vez que a placa absorvedora foi inserida na parede da edificação. O peitoril de telha termo-acústica(I06) e o de placa cimentícia(I07) foram os que apresentaram melhores desempenhos nesta faixa de frequência de 500Hz como também nas outras frequências mais altas. Esta observação pode ser confirmada por meio dos valores da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nT,w'}$ ), apresentados na última linha da Tabela 6.13. O peitoril da telha termo-acústica(I06) melhorou em 4dB o seu desempenho com a presença da placa absorvedora, seguida do peitoril da placa cimentícia(I07) em 3dB e do peitoril de placa viroc em 2dB, isto é, desempenhos de isolamento de 23dB, 22dB e 21dB, respectivamente. Esses peitoris ventilados, ao serem comparados com a fachada com similar abertura (fachada com abertura - I02), apresentaram uma melhora de desempenho da ordem de 11dB para o peitoril com telha termo-acústica(I06), 10dB para o peitoril de placa cimentícia(I07) e 9dB para o peitoril de placa viroc(I08).



**Figura 6.9:** Resultados da Diferença Padronizado de Nível (D2m,nT) das tipologias de paredes compostas (refletores/absorvedores/refletores). As tipologias de telha termo-acústica, placa cimentícia e placa viroc com a presença da placa absorvedora na parede da edificação.

### **6.2.3 Elementos compostos com material refletor-absorvedor-perfurado: isolamento sonoro de parede composta com superfície interna do peitoril ventilado perfurada**

As análises desenvolvidas nessa etapa referenciam as tipologias dos peitoris ventilados construídos por vários componentes, denominados de parede composta. Os elementos são caracterizados por três camadas de materiais. A face externa dos peitoris ventilados construídos é caracterizada por um material refletor, a cavidade (entre as duas superfícies) é caracterizada por um material absorvedor (lã de rocha) e a face interna dos peitoris é composta de material similar ao da face externa porém com características vazadas ou perfuradas. Os peitoris ventilados foram assim apresentados: peitoril em chapa metálica (I03), peitoril em madeira mdf com melamínico (I04) e peitoril em PVC (I05). Todos esses elementos foram investigados com uma nova alternativa, utilizando uma placa absorvedora na parede da edificação. Essas pesquisas foram descritas como peitoril em chapa metálica com placa absorvedora na parede da edificação (M03), peitoril em madeira mdf com melamínico com placa absorvedora na parede da edificação (M04) e peitoril em PVC com placa absorvedora na parede da edificação (M05).

#### **6.2.3.1 Comparação de desempenho acústico entre tipologias similares: peitoril em chapa metálica, peitoril de madeira e peitoril de PVC**

A nova composição investigada refere-se à parede composta por três elementos distintos em que a superfície externa seria composta por um elemento refletor; a cavidade, por um elemento absorvedor, no caso a lã de rocha e a terceira superfície (interna), por um similar material ao da camada externa, porém com superfície perfurada ou vazada. Foram encontrados nessas tipologias de peitoris ventilados novos comportamentos de isolamento sonoros. Os resultados da Diferença Padronizada de Nível em função da frequência são apresentados na Tabela 6.14 e respectivo gráfico na Figura 6.10. Nas frequência abaixo de 200Hz, observaram-se

resultados similares aos das outras tipologias investigadas, isto é, valores mais baixos que o da parede vazada. A partir de 250Hz, os desempenhos apresentam resultados bastante satisfatórios e superiores aos valores encontradas em parede com similar abertura (fachada com abertura - I02).

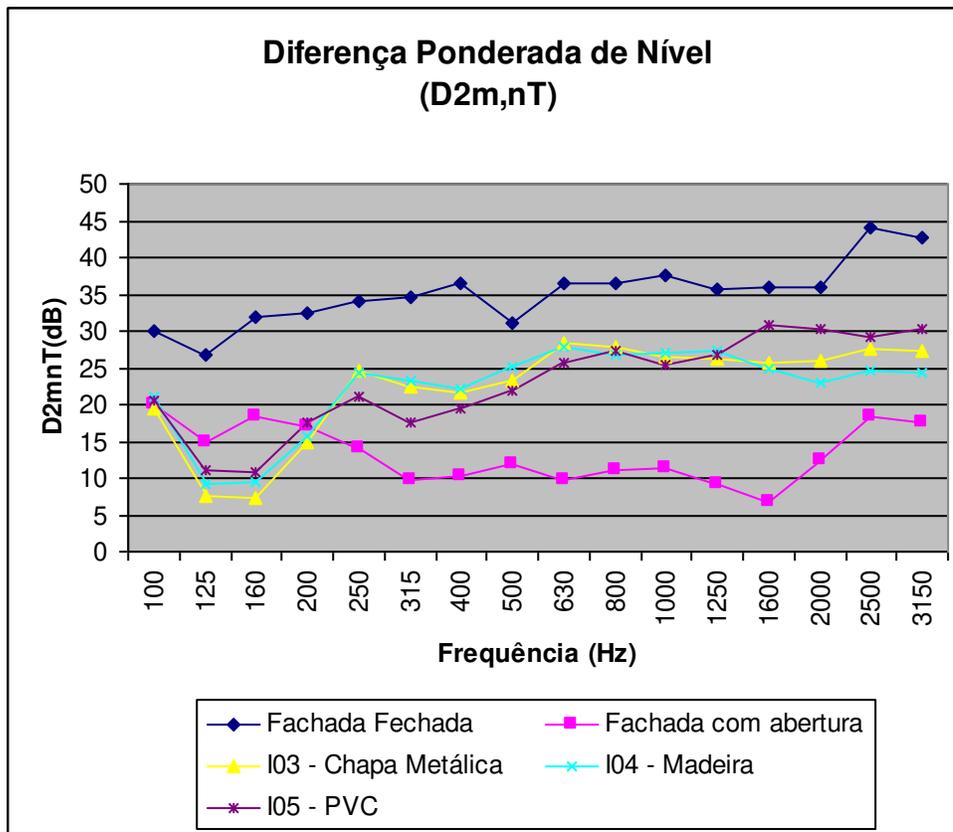
A curva espectral do peitoril de chapa metálica (I03) e do peitoril de madeira (I04) foi bastante linear, ficando na faixa entre 22dB a 27dB. O peitoril de pvc (I05) apresentou a maior variação, mesmo já mostrando bom desempenho, ficando com valores de 17dB a 30dB. Entre 250Hz a 1250Hz, o peitoril de chapa metálica (I03) e o peitoril de madeira (I04) apresentaram melhores resultados de isolamento, enquanto o peitoril de pvc (I06) apresentou melhores resultados nas frequências acima de 1250Hz. Um fato interessante de ser comentado é que a percentagem de perfuração da placa colocada na cavidade interna dos peitoris ventilados de chapa metálica (I03) e de madeira (I04) foram bastante diferentes. A chapa metálica (I03) perfurada apresentada (tipo moeda, 20mm) deixava visível a lã de rocha enquanto que a perfuração do peitoril em madeira (I04) era caracterizada por pequenos furos equidistantes (2mm), onde se percebia muito pouco a presença do material da cavidade interna. Apesar da diferença existente na composição das suas superfícies internas, a transparência acústica foi similar aos peitoris dos diferentes materiais que apresentaram a curva espectral bastante similar em todas as suas frequências. Outro fato a ser comentado é que a presença da colmeia na tipologia do peitoril de pvc (I06) fez com houvesse uma maior variação de desempenho acústico nas suas frequências. Seu desempenho apresentou resultados mais baixos nas médias frequências e maiores nas frequências mais altas, isso comparados com as outras situações investigadas.

Os resultados apresentados na última linha da Tabela 6.14, referente à Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ), mostram uma melhora significativa do desempenho do peitoril ventilado, ao modificar a superfície da cavidade. A presença desta superfície perfurada ou vazada representou uma melhora significativa de 13dB a 14dB a mais que uma fachada com abertura similar. Esses valores eram anteriormente de 12dB (parede com abertura) e passaram para um desempenho de 25dB para o peitoril de chapa metálica (I03) e o peitoril de madeira (I04). O peitoril em pvc apresentou um desempenho de 26dB, melhor resultado de todas as diferentes tipologias apresentadas.

## Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado

**Tabela 6.14:** Resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) das tipologias de paredes compostas (refletora/absorvedora/perfurada), chapa metálica, madeira e pvc.

TIPOLOGIAS DE PEITORIS VENTILADOS COMPARADOS								
Freq. (Hz)	$D_{2m,nT}$ (dB)							
	C01	C02	I03	I04	I05	M03	M04	M05
	Fechado com alvenaria	Com abertura	Chapa Metálica	Madeira	PVC	Chapa Metálica c/ placa absorv.	Madeira c/ placa absorv.	PVC c/ placa absorv.
100	30,0	20,1	19,5	21,2	20,6	18,8	19,5	19,8
125	26,8	15,0	7,5	9,3	11,1	7,3	7,5	11,8
160	32,0	18,3	7,4	9,4	10,7	8,3	7,4	11,3
200	32,3	17,0	14,8	15,7	17,6	16,1	14,9	18,0
250	34,0	14,0	24,7	24,4	21,6	24,4	27,7	22,9
315	34,6	9,7	22,3	23,3	17,5	23,2	22,3	20,3
400	36,6	10,3	21,5	22,2	19,5	23,5	21,5	20,7
500	31,1	12,0	23,3	25,2	21,9	25,7	23,3	23,4
630	36,6	9,8	28,5	27,8	25,8	28,3	28,5	27,3
800	36,4	11,2	27,8	26,8	27,2	27,5	27,8	27,3
1000	37,6	11,4	26,6	27,1	25,3	28,4	26,6	27,8
1250	35,8	9,2	26,3	27,4	26,7	28,5	26,3	28,6
1650	36,0	6,8	25,6	25,0	30,7	25,4	25,6	27,7
2000	36,0	12,5	26,0	23,1	30,3	26,6	25,9	26,0
2500	44,1	18,3	27,7	24,5	29,3	29,2	27,7	26,0
3150	42,7	17,6	27,2	24,2	30,4	27,6	27,2	24,9
<b><math>D_{2m,ntw'}</math> (dB)</b>	<b>37</b>	<b>12</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>26</b>



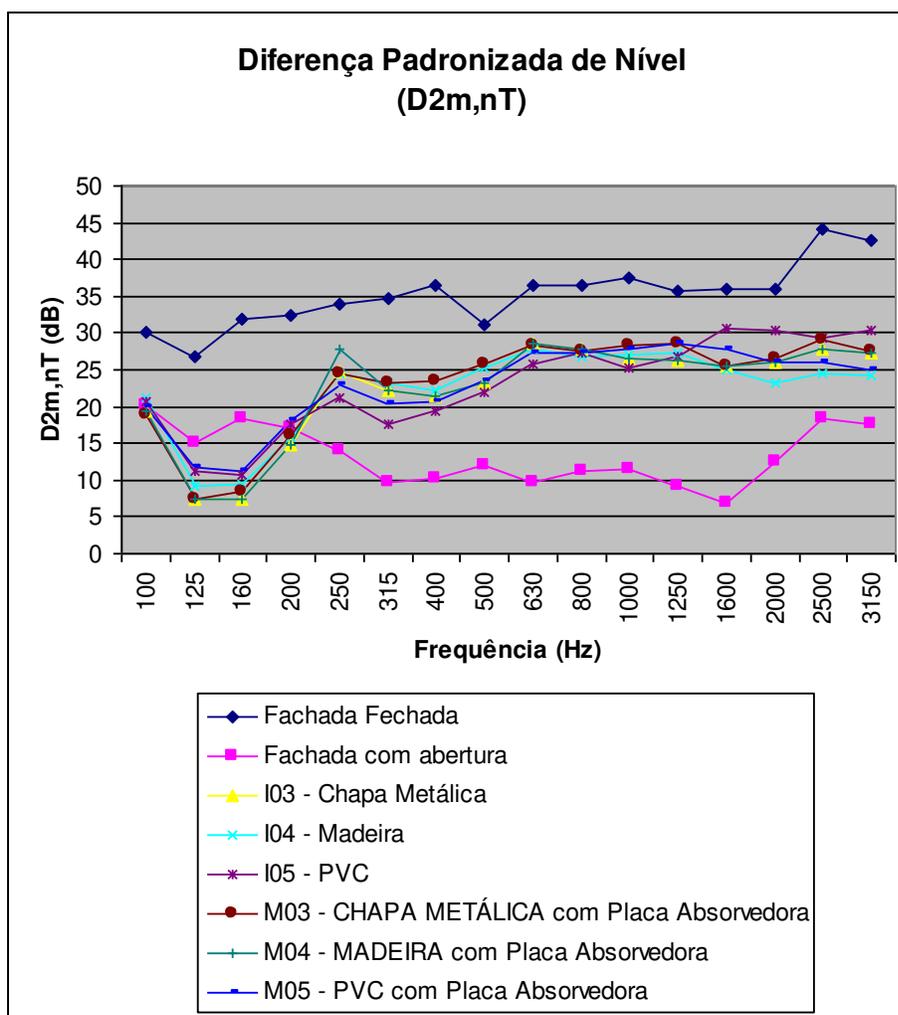
**Figura 6.10:** Resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) das tipologias de paredes compostas (refletora/absorvedora/perfurada) entre as tipologias da chapa metálica, madeira e pvc.

### 6.2.3.2 Comparação de desempenho acústico entre tipologias similares: peitoril de chapa metálica, peitoril de madeira, peitoril de pvc com presença da placa absorvedora na parede da edificação

A placa absorvedora colocada na parede da edificação dos peitoris ventilados, cujas paredes internas eram de material perfurado ou vazado, praticamente não alteram os resultados das configurações anteriores. Esses resultados podem ser observados na Figura 6.11 onde mostra a pouca oscilação do comportamento da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) em função da frequência nessa investigação. Isso significa que a combinação de dois materiais absorvedores nas paredes internas dos peitoris ventilados passam a ser desnecessárias. Sua utilização deve ser

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado*

na parede da superfície do peitoril ou na parede da edificação. Diante dos resultados, observou-se que a parede do peitoril com material perfurado ou vazado utilizando-se na sua cavidade material absorvedor beneficia muito mais o desempenho acústico dos peitoris. Os resultados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada, apresentados na última linha da Tabela 6.14, mostram que o desempenho com placa absorvedora na parede da edificação manteve os mesmos valores do peitoril com pvc(M05) e madeira (M04), isto é, 26dB e 25dB, respectivamente. Já na chapa metálica, houve a melhora de apenas 01dB a mais que a situação anterior (sem placa absorvedora), isto é, passou anteriormente de 25dB para 26dB.



**Figura 6.11:** Resultados da Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) das tipologias de paredes compostas (refletora/absorvedora/perfurada). As tipologias da chapa metálica, madeira, PVC com e sem a presença da placa absorvedora na parede da edificação

## **6.2.4 Elementos compostos com material refletor-absorvedor-refletor: Isolamento de parede composta dentro de um conceito sustentável**

As análises desenvolvidas nessa etapa, referenciam as tipologias dos peitoris ventilados construídos por vários componentes, porém o que diferencia um do outro é a diferença do caráter sustentável entre materiais que farão parte dos peitoris. Os elementos são caracterizados por três camadas de materiais. A face externa dos peitoris ventilados construídos é caracterizada por um material refletor (placa cimentícia e placa viroc); a cavidade (entre as duas superfícies) é caracterizada por um material absorvedor (lã de rocha e fibra de coco) e a face interna dos peitoris é composta de material similar à face externa. Os peitoris ventilados analisados foram assim apresentados: peitoril em chapa cimentícia com cavidade em lã de rocha (I07) e peitoril em placa viroc com fibra de coco na cavidade (I08), este caracterizado mais sustentável que a outra opção (placa cimentícia e lã de rocha). Todos estes elementos foram investigados com uma nova alternativa utilizando uma placa absorvedora na parede da edificação que serão apresentados a seguir. Essas pesquisas foram descritas como peitoril em placa cimentícia com placa absorvedora na parede da edificação (M07), peitoril de placa viroc com placa absorvedora na parede da edificação (M08). Estes resultados são apresentados na Tabela 6.13 e os gráficos dos resultados na Figura 6.9.

### **6.2.4.1 A presença da sustentabilidade para comparação entre tipologias: peitoril de placa cimentícia e peitoril de placa viroc**

Um dos objetivos deste trabalho concentrou-se em conhecer o desempenho acústico do peitoril ventilado para que estas informações possam contribuir para adequar e integrar o conforto acústico, conforto térmico e eficiência energética. Baseado nessa integração bioclimática, este trabalho também buscou investigar materiais mais sustentáveis e compará-los com os demais utilizados no mercado da construção civil. Os materiais escolhidos foram de duas

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado*

características físicas diferentes: um material com superfície refletora (placa viroc) e outro com composição absorvedora (fibra de coco).

A placa viroc é um material constituído basicamente por dois principais materiais de construção: cimento e madeira. No Brasil, esse material é encontrado com superfícies lisas, embora as superfícies perfuradas existam na Europa. Esse material combina resistência e flexibilidade da madeira com durabilidade e qualidades de dureza do cimento, podendo ser utilizado tanto nas áreas externas como nas internas. A sua integridade estrutural torna-o resistente ao impacto e é um elemento fácil de ser utilizado. Não são painéis tóxicos, não apresentando perigo para a saúde pública nem para o meio ambiente.

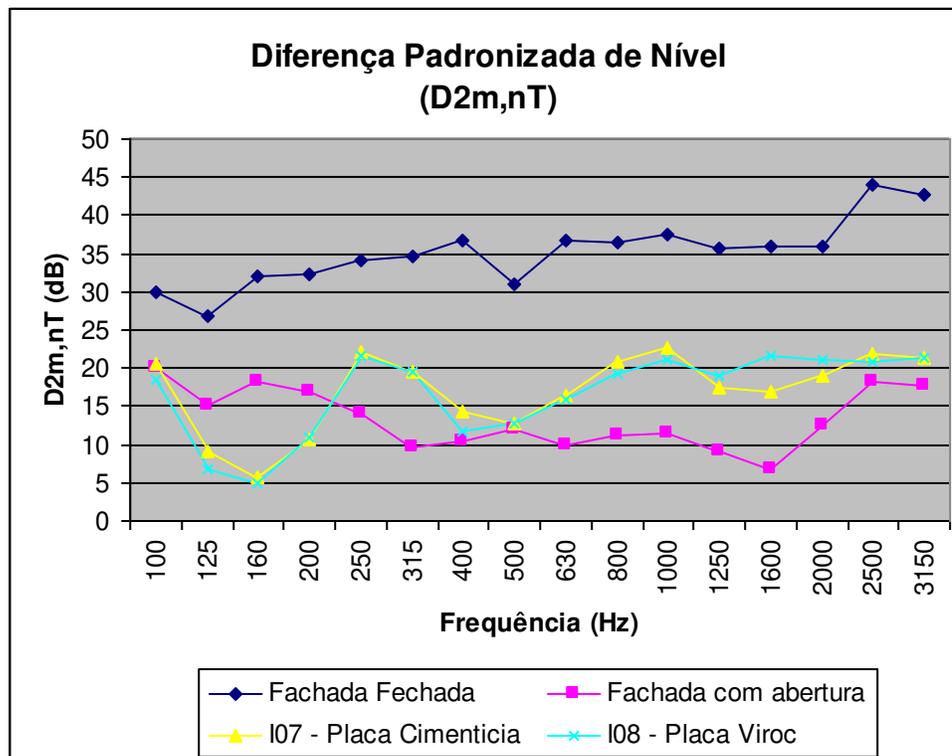
A fibra de coco é formada em placas denominadas acústicas, atendendo aos mais diversos e exigentes setores do mercado, em substituição aos produtos não renováveis. Esse material é fabricado com diferentes densidades (60 a 80Kg/m<sup>3</sup>), para uso em forros de alvenaria, enchimento de paredes, gesso, madeira e outras utilizações. Nos dados de catálogos, não apresenta Índice de Redução Sonora (R), apenas se refere que sua utilização pode reduzir o ruído em torno de 20%. A falta de maiores informações acústicas sobre esse material fez com que fossem investigadas as suas características espectrais da absorção sonora. Utilizou-se a câmara reverberante da FEC-UNICAMP para obter os valores referentes ao coeficiente de absorção sonora desse material, apresentados na Tabela 6.15, e assim comparar com a absorção sonora da lã de rocha, fornecida pelo fabricante, material utilizado na maioria das tipologias investigadas.

**Tabela 6.15:** Coeficiente de absorção sonora da fibra de coco e da lã de rocha

MATERIAL	FREQUÊNCIA (HZ)							
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	NCR
<b>Fibra de coco</b>	0,19	0,31	0,42	0,92	0,97	1,00	1,00	0,65
<b>Lã de Rocha</b>	0,20	0,64	0,87	1,02	0,98	0,98	-	0,88

A composição dos materiais apresentados nessa investigação, denominada “sustentável”, mostra que, independentemente da composição da parede composta por materiais praticamente similares, muito embora fabricados um com princípio mais sustentável que o outro, ambos não apresentam diferenças no desempenho acústico. A Figura 6.12 apresenta os resultados da

Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) em função da frequência dessas duas tipologias (peitoril com placa cimentícia e peitoril com placa viroc). No item 6.2.2 desse capítulo, o desempenho acústico desses dois materiais já foram avaliados entre eles. Observa-se que o peitoril de placa viroc (I08) apresentou um espectro mais plano e melhor desempenho que o peitoril de placa cimentícia (I07) entre as frequências de 1250Hz a 2500Hz. O fato merecedor de destaque é que os materiais utilizados apresentam resultados similares, mas as características tecnológicas de fabricação são diferentes pois a placa viroc e a fibra de coco pertencem a processos de conceitos sustentáveis. Portanto, a escolha de utilizar um peitoril com conceito mais sustentável que outro é uma opção do construtor e proprietário da obra. Cabe ressaltar que ambos os peitoris, placa cimentícia e placa viroc possuem mesmo desempenho acústico com Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nt}$ ) de 19dB. Esta igualdade de resultados retrata que as superfícies externas (placa cimentícia e placa viroc) apresentam características acústicas similares e as cavidades internas (lã de rocha e fibra de coco) não interferiram nos resultados.



**Figura 6.12:** Resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) das tipologias de paredes compostas (refletora/absorvedora/refletora). As tipologias da placa cimentícia e placa viroc e o caráter sustentável.

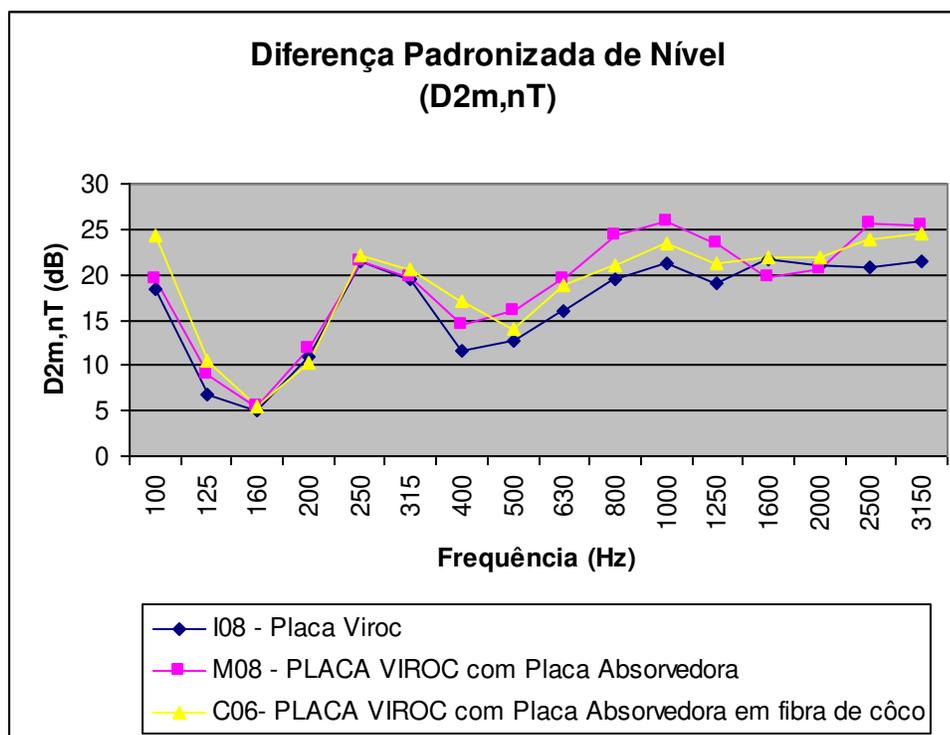
#### **6.2.4.2 Comparação de desempenho acústico entre tipologias similares: peitoril de placa viroc com a presença da placa absorvedora aplicada na parede da edificação, composta por diferentes materiais - Lã de rocha e fibra de coco.**

Neste momento, procurou-se comparar a placa viroc (aplicação sustentável), com duas diferenciadas maneiras de utilizar a parede da edificação. Uma maneira foi utilizando a placa absorvedora de lã de rocha na parede da edificação e outra, utilizando a mesma superfície com a placa fabricada em fibra de coco. Os resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) são apresentados na Tabela 6.16. Os resultados do comportamento do desempenho acústico das duas situações da Diferença Padronizada de Nível em função da frequência ( $D_{2m,nT}$ ) é apresentado na Figura 6.13. Observam-se em ambas as situações, valores mais baixos, com queda significativa nas frequências próximas de 160 Hz, fato que ocorreu em todas as outras situações pesquisadas. Nas frequências médias e altas, a Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ), em função da frequência utilizando a fibra de coco na parede da edificação, apresentou melhores resultados que a placa viroc com utilização da placa absorvedora com lã de rocha. Os resultados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) em ambas as situações foram similares com valores de 21dB.

## Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado

**Tabela 6.16:** Resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) entre tipologias similares: placa viroc com a presença da placa absorvedora aplicada na parede da edificação composta por diferentes materiais, lã de rocha e fibra de coco.

<b>TIPOLOGIAS DE PEITORIS VENTILADOS COMPARADOS</b>				
<b>Freq. (Hz)</b>	<b><math>D_{2m,nT}</math> (dB)</b>			
	<b>C01</b>	<b>C02</b>	<b>M08</b>	
	<b>Fechado com alvenaria</b>	<b>Com abertura</b>	<b>Placa Viroc c/ placa absorv. em lã de rocha</b>	<b>Placa Viroc c/ placa absorv. em fibra de coco</b>
<b>100</b>	30,0	20,1	19,5	20,4
<b>125</b>	26,8	15,0	9,0	10,6
<b>160</b>	32,0	18,3	5,5	5,5
<b>200</b>	32,3	17,0	11,8	10,3
<b>250</b>	34,0	14,0	21,4	22,2
<b>315</b>	34,6	9,7	19,8	20,5
<b>400</b>	36,6	10,3	14,5	17,1
<b>500</b>	31,1	12,0	15,9	14,1
<b>630</b>	36,6	9,8	19,5	18,8
<b>800</b>	36,4	11,2	24,4	22,1
<b>1000</b>	37,6	11,4	25,9	23,4
<b>1250</b>	35,8	9,2	23,4	21,3
<b>1650</b>	36,0	6,8	19,8	21,9
<b>2000</b>	36,0	12,5	20,6	22
<b>2500</b>	44,1	18,3	25,7	23,9
<b>3150</b>	42,7	17,6	25,4	24,5
<b><math>D_{2m,ntw'}</math> (dB)</b>	<b>37</b>	<b>12</b>	<b>21</b>	<b>21</b>



**Figura 6.13:** Resultados da Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) das tipologias de paredes compostas (refletora/absorvedora/refletora) um conceito mais sustentável. As tipologias da Placa Viroc com duas alternativas de placa absorvedora na parede da edificação. (M08) Placa absorvedora em lã de rocha e (C06) placa absorvedora em fibra de coco.

### 6.3 Análise geral dos resultados

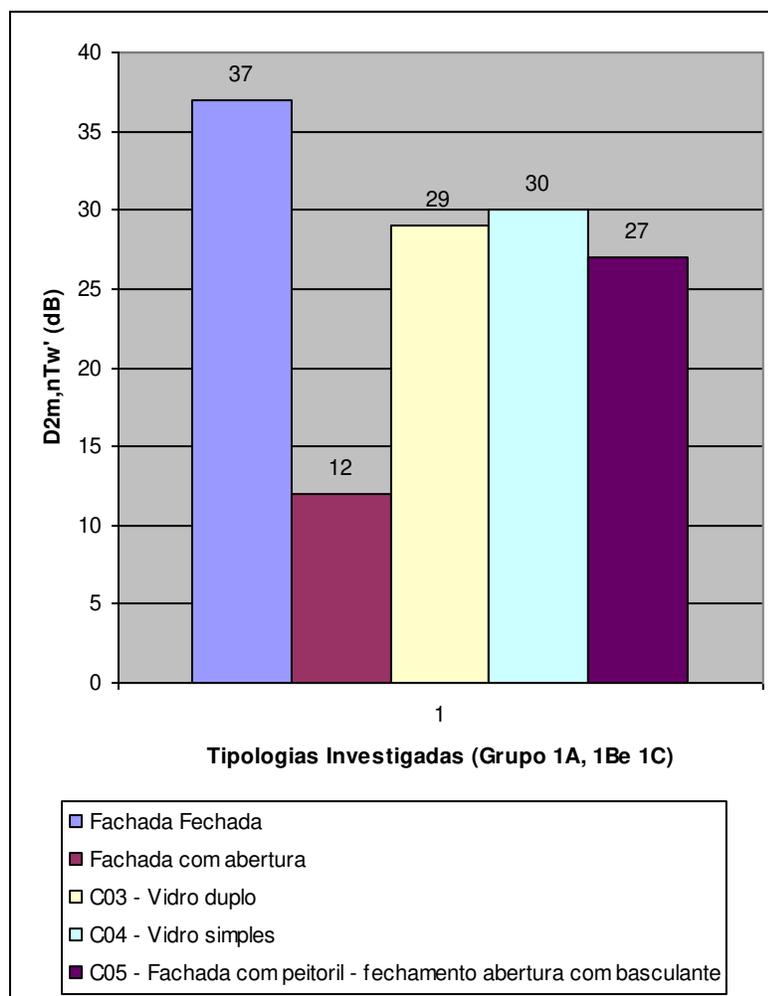
A síntese dos resultados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ) é apresentada na Tabela 6.17, classificando as tipologias investigadas em diferentes grupos. O grupo comparativo, representado pela fachada totalmente fechada (1A), fachada com abertura (1B) e fachadas com aberturas fechadas (1C); o grupo parede simples (2); o grupo parede composta (refletor/absorvedor/refletor com conceitos sustentáveis) (3) e o grupo de paredes compostas (refletor/absorvedor/ elemento perfurado ou vazado) (4). Nessa tabela, pode-se verificar, na margem direita, quanto cada tipologia melhorou o seu desempenho, quando comparada com a parede com abertura (Grupo 1B).

Tabela 6.17: Síntese dos resultados apresentados em diferentes grupos das tipologias investigadas

CLASSIFICAÇÃO DOS GRUPOS INVESTIGADOS	TIPOLOGIAS INVESTIGADAS		D2m,nTw' (dB)	GANHO COMPARADO COM FACHADA COM ABERTURA (dB)
<b>Grupo Comparativo fechado (1A)</b>	<b>C01</b>	Fachada Fechada	<b>37</b>	<b>+25</b>
<b>Grupo Comparativo com abertura (1B)</b>	<b>C02</b>	Fachada com abertura	<b>12</b>	<b>0</b>
<b>Grupos comparativos com aberturas fechadas (sem ventilação) (1C)</b>	<b>C03</b>	Vidro duplo	<b>29</b>	<b>+17</b>
	<b>C04</b>	Vidro simples	<b>30</b>	<b>+18</b>
	<b>C05</b>	Fachada com peitoril - fechamento abertura com basculante	<b>27</b>	<b>+15</b>
<b>Parede Simples - (com e sem absorvedor na parede da edificação) (2)</b>	<b>I01</b>	Granito	<b>18</b>	<b>+6</b>
	<b>I02</b>	Concreto	<b>16</b>	<b>+4</b>
	<b>M01</b>	Granito com placa absorvedora	<b>22</b>	<b>+10</b>
	<b>M02</b>	Concreto com placa absorvedora	<b>21</b>	<b>+9</b>
<b>Parede Composta: Refletor/Absorvedor/Elemento perfurado ou vazado - (com e sem absorvedor na parede da edificação) (3)</b>	<b>I03</b>	Chapa Metálica	<b>25</b>	<b>+13</b>
	<b>I04</b>	Madeira	<b>25</b>	<b>+13</b>
	<b>I05</b>	PVC	<b>26</b>	<b>+14</b>
	<b>M03</b>	Chapa Metálica com placa absorvedora	<b>26</b>	<b>+14</b>
	<b>M04</b>	Madeira com placa absorvedora	<b>25</b>	<b>+13</b>
	<b>M05</b>	PVC com placa absorvedora	<b>26</b>	<b>+14</b>
<b>Parede Composta: Refletor/Absorvedor/Refletor - (com e sem absorvedor na parede da edificação) - Conceito sustentável (4)</b>	<b>I06</b>	Telha Termo-acústica	<b>18</b>	<b>+6</b>
	<b>I07</b>	Placa Cimentícia	<b>19</b>	<b>+7</b>
	<b>I08</b>	Placa Viroc	<b>19</b>	<b>+7</b>
	<b>M06</b>	Telha Termo-acústica com placa absorvedora	<b>23</b>	<b>+11</b>
	<b>M07</b>	Placa Cimentícia com placa absorvedora	<b>22</b>	<b>+10</b>
	<b>M08</b>	Placa Viroc com placa absorvedora	<b>21</b>	<b>+9</b>
	<b>C06</b>	Placa Viroc com Fibra de coco na parede da edificação	<b>21</b>	<b>+9</b>

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado*

O desempenho de cada parede pertencente ao grupo comparativo das paredes abertas e fechadas é mostrado na Figura 6.14. A parede totalmente fechada apresenta  $D_{2m,nT,w'}$  de 37dB. As demais paredes, com a presença das aberturas fechadas, compostas de vidro duplo, vidro simples e janela com peitoril com abertura fechada, ficaram com  $D_{2m,nT,w'}$  entre 27dB a 30dB. A janela com abertura apresenta apenas 12dB de isolamento. Essa parede com abertura serviu de comparação para todas as investigações efetuadas, uma vez que se pretende mostrar, neste trabalho, que uma fachada com abertura pode permanecer com abertura desde que as intervenções procurem equilibrar o nível de ruído interno. Esse equilíbrio bioclimático integraria o conforto acústico, conforto térmico e a eficiência energética. Se uma fachada com vidro duplo ou vidro simples apresenta um desempenho acústico na ordem de 29dB a 30dB sem integração bioclimática (sem ventilação, consumindo ar-condicionado para melhora do conforto térmico, mas satisfazendo possivelmente o lado acústico), haverá valor mais favorável para obtermos esse mesmo ambiente com ventilação, diminuição do consumo de ar-condicionado, tomando cuidados para o conforto acústico. A janela com peitoril ventilado, porém com sua abertura fechada, chegou a parâmetros de 27dB. Esta tipologia se fosse utilizada com métodos mais eficientes de isolamento acústico, certamente se obteriam melhores desempenhos. Diante desses argumentos, pode-se dizer que o valor próximo de 27dB seria o desempenho compatível para possibilitar uma integração bioclimática com a presença de uma abertura a qual viabilizaria um desempenho acústico razoável para áreas não muito ruidosas, utilização da ventilação integrando as condições de conforto térmico, se a localidade assim permitir e, conseqüentemente, viabilizaria a não utilização dos sistemas de condicionamento de ar artificial. Cabe aqui também destacar que a utilização do peitoril ventilado, bem estruturado acusticamente, não inviabiliza a sua utilização em áreas de ruído intermediárias, uma vez que faz parte da sua estrutura de desenho projetar uma janela basculante pelo lado interno, caso haja necessidade temporariamente para os momentos de ruído mais intenso.

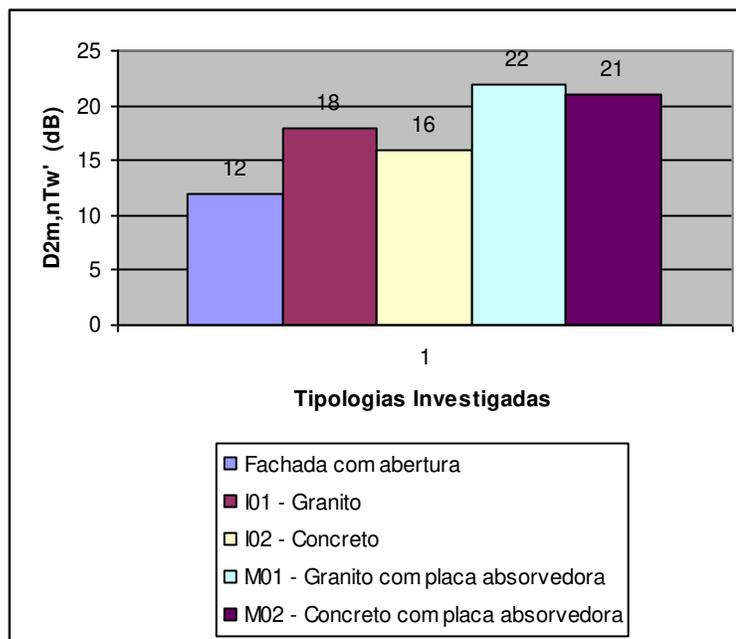


**Figura 6.14:** Diferença Padronizada de Nível Ponderada em dB das tipologias do grupo comparativo das paredes fechadas e abertas.

O grupo 2, do qual fazem parte as composições de paredes simples, granito e concreto, representa o tipo de peitoril ventilado mais utilizado na construção civil. São elementos práticos, densidade altas e resistentes às intempéries climáticas. A Figura 6.15 apresenta os resultados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,n,Tw'}$ ) do grupo 2. O caráter sonoro refletivo das suas cavidades internas demonstram um baixo desempenho de isolamento sonoro, principalmente para o concreto na ordem de 16dB e de 18dB para o granito. Este fato revela, que para melhorar o desempenho acústico desses materiais, a cavidade do peitoril fazendo uso da parede da edificação, necessita ser trabalhada. Caso essas paredes simples não apresentem características acústicas, o desempenho ficará nessa ordem de grandeza. Se a cavidade interna do peitoril apresentar alguma absorção sonora, como no caso da placa absorvedora de lã de rocha,

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado*

esse desempenho obtém melhoras de 4dB a 5 dB. Os novos valores passam a ser de 22dB para o granito e 21dB para o concreto, ambos com placa absorvedora.

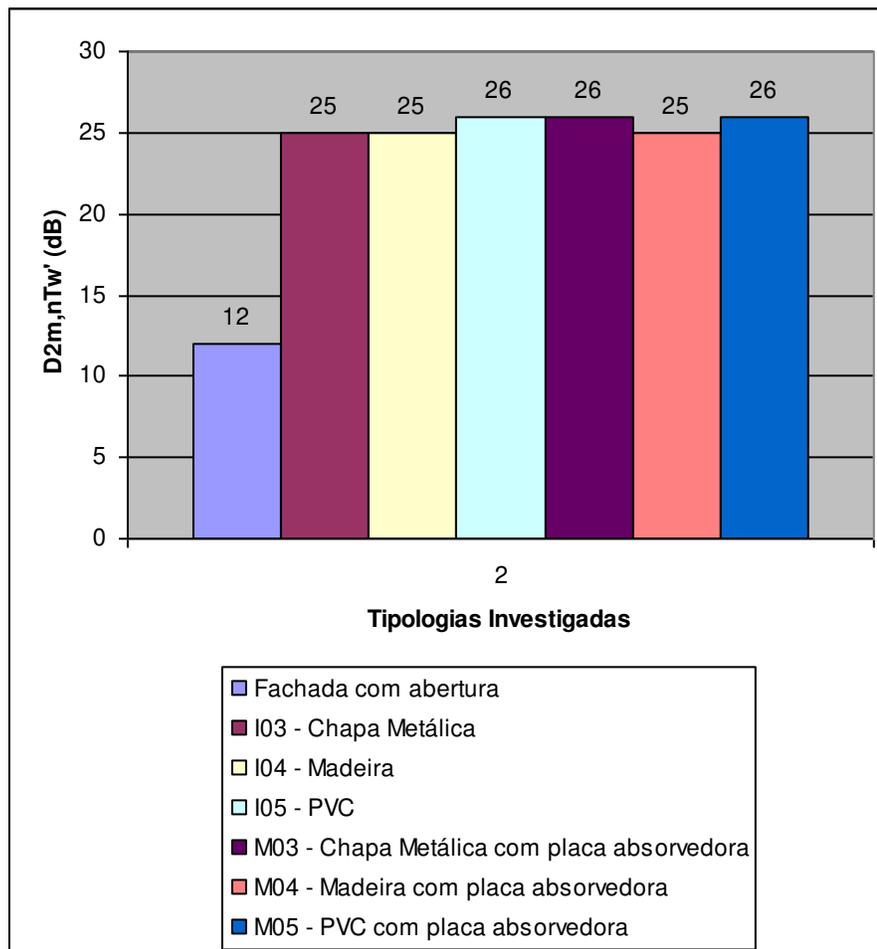


**Figura 6.15:** Diferença Padronizada de Nível Ponderada em dB das tipologias do grupo comparativo das paredes simples (grupo 2).

Com o grupo 3 houve a intensão de investigar as composições cujas características de peitoril fossem formadas por superfície refletora (externa), cavidade absorvedora e superfície interna, composta de um material perfurado ou vazado. A Figura 6.16 apresenta os resultados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,n}Tw'$ ) do grupo 3. Nesse grupo, foi observado a importância da parede interna do peitoril ventilado como material absorvedor. Essa superfície, por ser uma cavidade interna, não estaria sujeita às intempéries climáticas. O material utilizado para a área externa do peitoril ventilado foi da mesma composição do interno, variando apenas a estrutura da sua superfície, que passaria a ter perfurações em vez de ser uma superfície totalmente lisa. A madeira foi utilizada por permitir que os peitoris também pudessem ser locados em varandas cobertas onde não sofreriam danos de intempéries. Esses elementos, tendo a cavidade interna perfurada, foram o que apresentaram melhores desempenhos, mostrando a importância dessa cavidade para o desempenho acústico dos peitoris. Conforme pode ser observado na Figura

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado*

6.16, esses peitoris apresentaram desempenho entre 25dB e 26dB com a presença ou não da placa absorvedora da outra parede da cavidade (da edificação). Isso significa que a utilização da placa não agrega valor ou melhora ao desempenho, mas significa mudanças no seu custo benefício. Diante desses fatos, pode-se dizer que o peitoril deve utilizar uma parede absorvedora, sendo preferencialmente a da cavidade interna por propiciar maiores áreas de absorção.

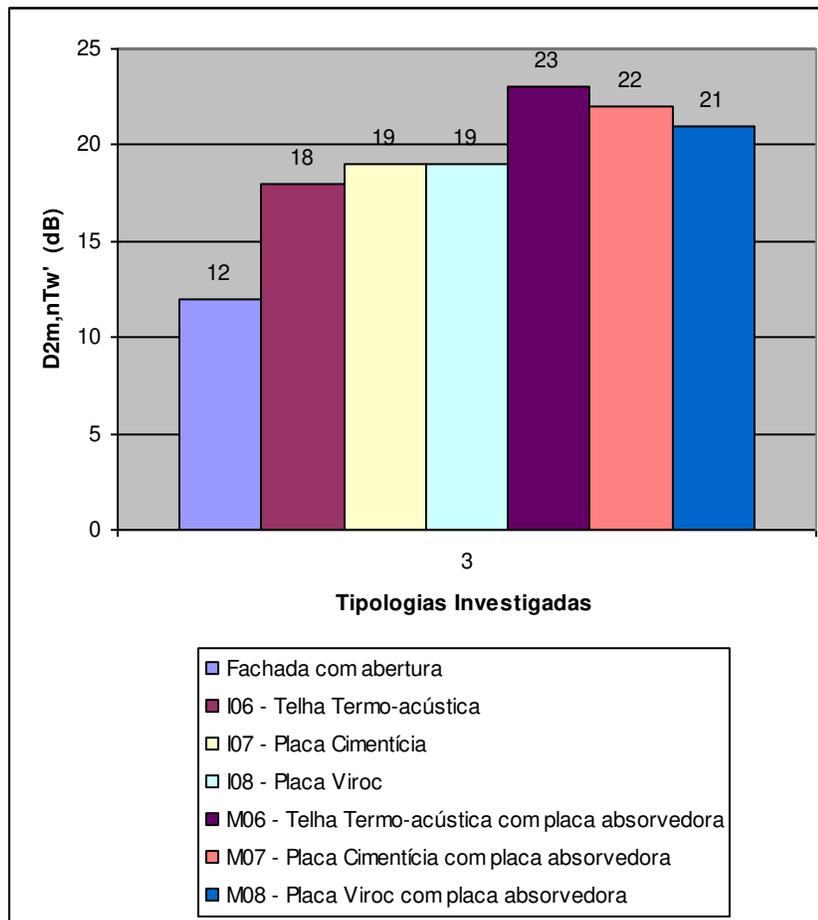


**Figura 6.16:** Diferença Padronizada de Nível Ponderada em dB das tipologias do grupo comparativo das paredes compostas (refletor/absorvedor/elemento perfurado ou vazado).

O grupo 4, relativo ao grupo comparativo de paredes compostas por superfícies refletoras/absorvedoras/refletoras e conceito sustentável, é apresentado na Figura 6.17. Esse grupo fez parte da investigação do comportamento dos elementos supostamente bons isolantes se

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado*

estivesse presente em paredes sólidas sem aberturas. São elementos compostos de massa/mola/massa naturalmente compostos todos por painéis e fibras. Esses elementos trabalham como barreiras sonoras, mas também como materiais condutores sonoros, já que suas superfícies internas do peitoril são refletoras. Os resultados de desempenho indicam que independentemente de serem compostos por três elementos, o seu desempenho ainda foi considerado baixo. Diante do seu custo estar integrado ao custo de três componentes, uma chapa na superfície externa e interna e um material absorvedor na cavidade, o desempenho apresentado melhorou muito pouco em relação à composição de parede simples, ao granito e ao concreto. Os seus valores praticamente foram similares ao desempenho do peitoril em granito, isto é, entre 18dB e 19dB. Para melhorar o desempenho desses elementos necessita-se tentar modificar o caráter refletivo da superfície interna do peitoril. Não havendo possibilidades de melhora no elemento peitoril a estratégia passa a ser de intervenções acústicas na parede da cavidade da edificação. A utilização da placa absorvedora de lã de rocha apresentou uma melhora no desempenho acústico dos peitoris independentemente de qual tipologia fosse investigada. A melhora do desempenho desses elementos passou a ser um valor agregado ao anterior. Melhora na ordem de 2dB a 4dB. O peitoril de telha termo-acústica foi, entre os três experimentos, o que apresentou, nessa situação, melhor desempenho, ficando assim com 23dB de isolamento e as demais, com 22dB para a placa cimentícia e 21dB para a placa viroc.

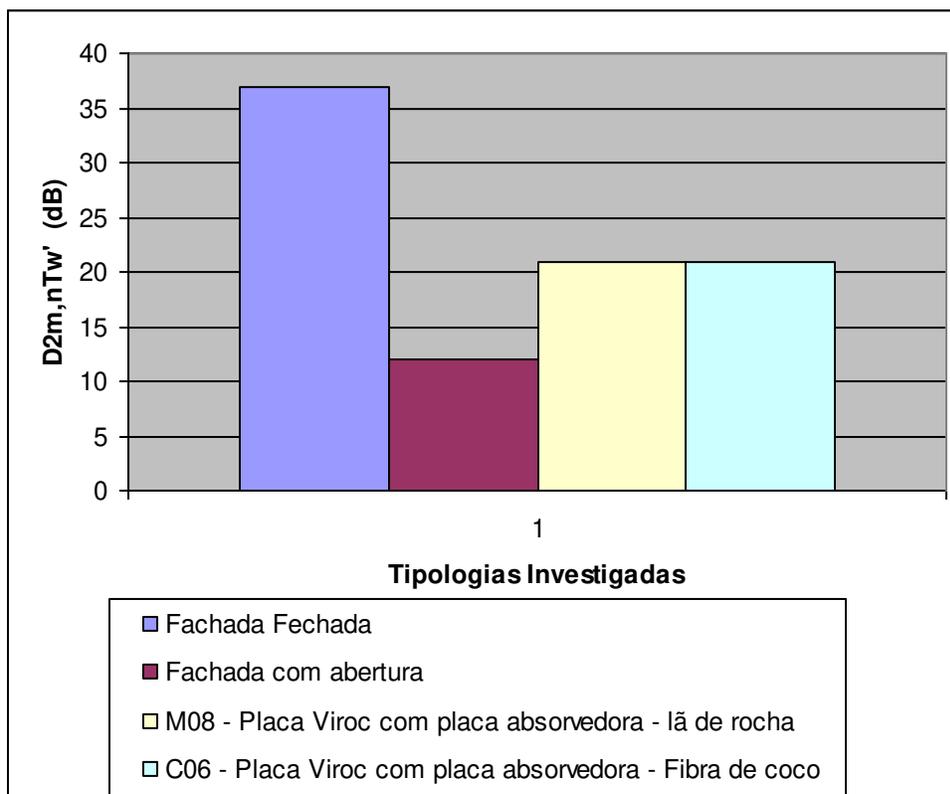


**Figura 6.17:** Diferença Padronizada de Nível Ponderada em dB das tipologias do grupo comparativo das paredes compostas (refletor/absorvedor/refletor) e conceitos sustentáveis.

Os conceitos sustentáveis passam pela idéia de que podemos utilizar os materiais ecologicamente corretos do mercado da mesma forma que os demais. As investigações mostraram que utilizar esses materiais é uma questão de escolha e viabilidade financeira. Nesse grupo investigado (grupo 4), utilizaram-se o peitoril de placa viroc com placas de fibra de coco na sua cavidade interna, para caracterizar o conceito sustentável. Os resultados mostram que seu desempenho é similar ao grupo da sua categoria de composição não sustentável. A placa viroc e a chapa cimentícia obtiveram mesmo desempenho entre 19dB e 18dB sem placa de absorção na parede e com 21dB e 22dB, com a placa absorvedora respectivamente.

Em busca de testar alguns materiais sustentáveis ou não, alguns testes foram realizados entre a lã de rocha e a fibra de coco aplicada na parede da edificação. A investigação foi realizada com o peitoril de placa viroc. Os resultados mostraram a similaridade de desempenho entre esses

dois materiais, uma vez que ambos obtiveram Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) de 21dB (Figura 6.18).

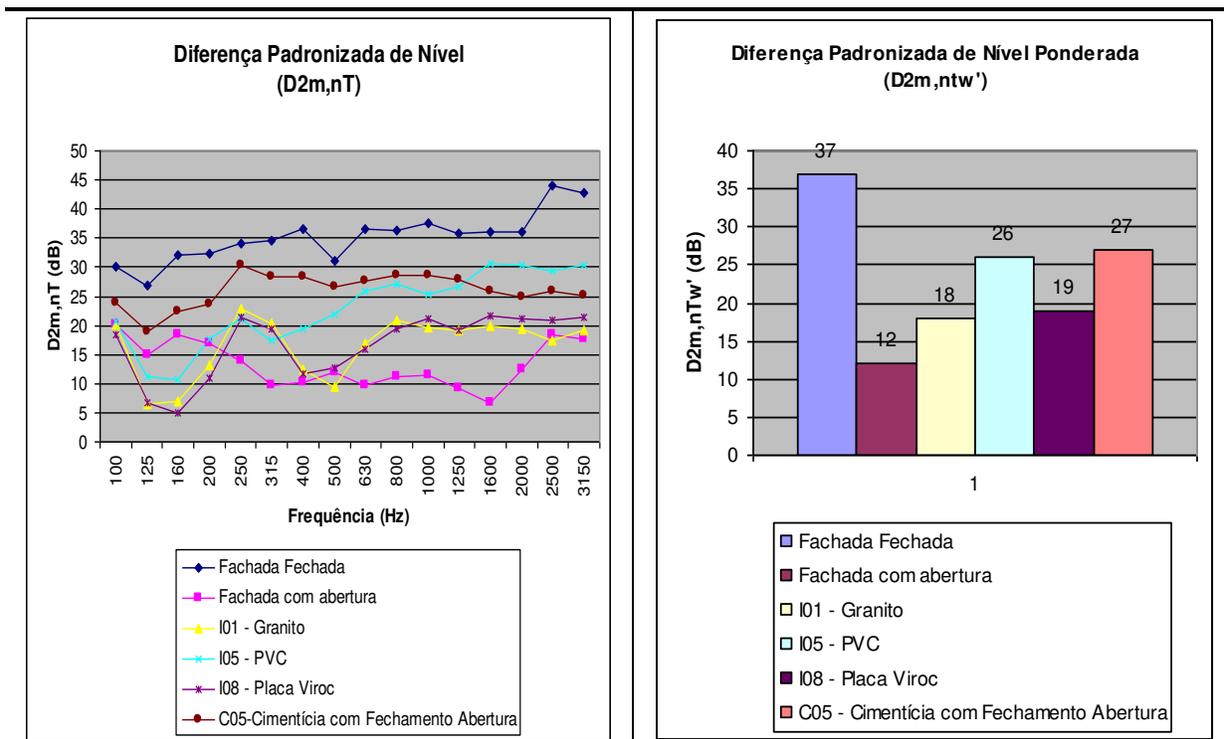


**Figura 6.18:** Diferença Padronizada de Nível Ponderada em dB das tipologias do grupo comparativo das paredes compostas (refletor/absorvedor/refletor) e conceitos sustentáveis na placa absorvedora na parede da edificação.

#### 6.4 Melhores desempenhos acústicos de cada grupo - Análise comparativa entre os diversos sistemas construtivos de peitoris ventilados

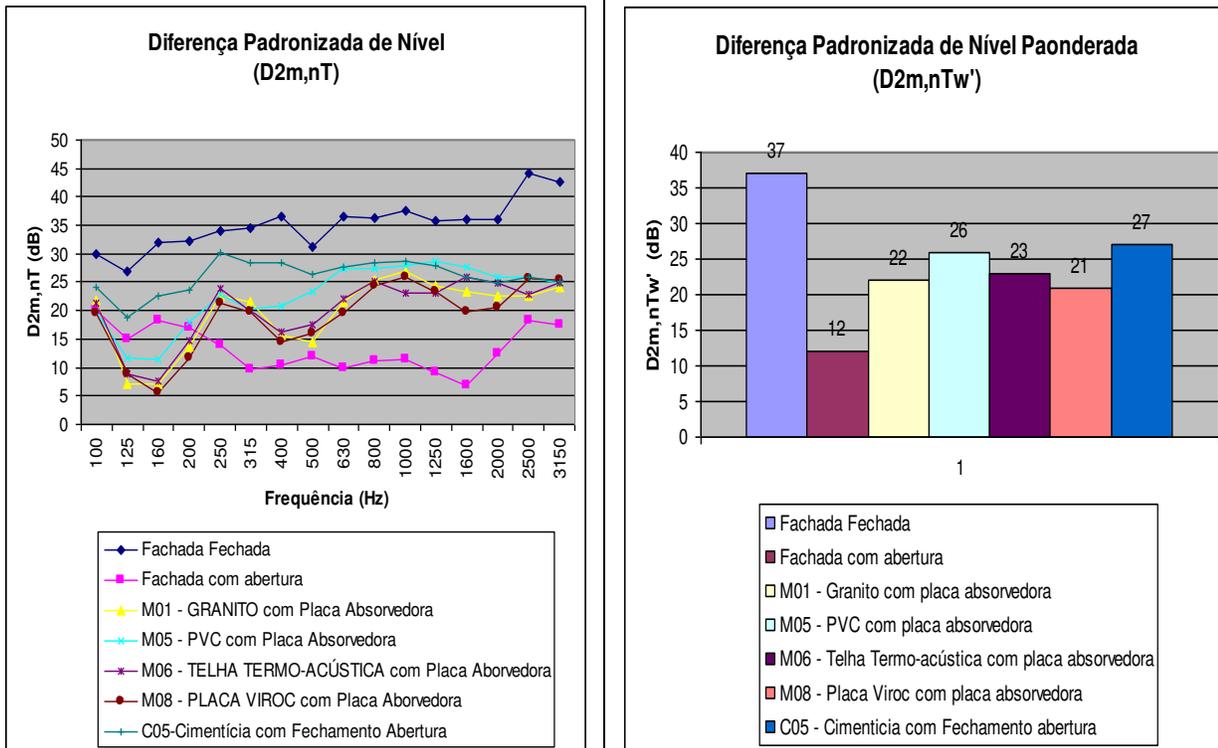
Os desempenhos acústicos apresentados nas figuras a seguir são relativos aos melhores desempenhos obtidos por cada categoria investigada. No grupo dos melhores “A”, isto é, sem utilização da placa absorvedora na parede da edificação, na Figura 6.19, constata-se que, diante dos três parâmetros comparativos, parede fechada, parede com abertura e parede com peitoril

com basculante fechado, o peitoril que apresentou melhor desempenho foi o de PVC (I05). A tipologia do peitoril de PVC investigado é caracterizado por uma superfície refletora na parede externa, uma cavidade com um material bastante absorvedor e a parede da superfície interna do peitoril perfurada ou vazada. Essa composição representa a estratégia de projeto indicada para ser trabalhado o peitoril. Essas perfurações na parede do peitoril, com a utilização de uma material bastante absorvedor na sua cavidade interna, incrementa a cavidade em diminuir a reverberação interna, como também diminuir as reflexões indesejadas de ruído. Nas frequências superiores a 500Hz, a tipologia do peitoril ventilado em PVC apresentou similaridade de valores com a tipologia de peitoril ventilado fechado com basculante. Nas frequências baixas entre 200Hz e a 500Hz, percebe-se um a perda de desempenho, comparada com a janela com basculante(C05), e as frequências menores que 200Hz precisam ser mais bem avaliadas. A representação da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ) em um único número demonstra uma aproximação muito grande entre esses dois exemplos. O peitoril com abertura basculante fechada apresentou desempenho de 27dB e a de PVC, 26dB. Esses valores obtidos foram considerados satisfatórios, pois, para uma integração bioclimática, teremos um bom desempenho, porém teremos condições de climatizar naturalmente o espaço.



**Figura 6.19:** Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) das tipologias investigadas – Quadro de grupos comparativos dos melhores desempenhos das pesquisas sem tratamento na parede da edificação

No grupo “B”, as melhores tipologias com a colocação da placa absorvedora na parede da edificação são apresentados na Figura 6.20. Observa-se que a colocação da placa absorvedora, na parede da edificação, foi um elemento importante para aquelas tipologias cujas suas superfícies eram anteriormente refletoras internamente, superfície do peitoril e da edificação. Nessas situações, foi apresentada uma melhora no desempenho acústico, ficando entre 22dB e 23dB. Esses valores, se comparados com a janela com abertura com basculante fechado (27dB), apresenta um distanciamento maior desse resultado. Na tipologia de peitoril de PVC que, anteriormente, sem utilização da placa absorvedora, já havia apresentado um bom desempenho, com a inserção da placa absorvedora, seus valores de desempenhos não foram alterados. Isso esclarece que, nessa situação em que uma superfície do peitoril já apresente características absorvedoras, a presença de mais um complemento absorvedor, no caso na parede da edificação, passa a ser uma estratégia desnecessária, pois seus valores permaneceram os 26dB.



**Figura 6.20:** Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) e Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw'}$ ) das tipologias investigadas – Quadro de grupos comparativos dos melhores desempenhos das pesquisas com tratamento na parede da edificação (colocação de placa absorvedora).

## 6.5 Estimativa de custos dos protótipos investigados

Os valores apresentados, na Tabela 6.18, representam uma estimativa dos custos dos materiais utilizados para execução dos peitoris ventilados. Não fazem parte desses custos valores intercorrentes de mão de obra para execução do protótipo, montagem na obra, fretes e algum outro material necessário para aplicação na fachada da edificação a exemplos de: colas especiais, pinturas, argamassa, vedações, nem parcerias que possam reduzir este custo. Não cabe a esse trabalho engrandecer um material em detrimento do outro uma vez que em todas as opções, existem seu prós e contras. Portanto, cabe a cada construtor e arquiteto verificar o seu objetivo, qual o material que melhor se aplica e assim decidir quais as características construtivas que queira seguir.

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoril ventilado*

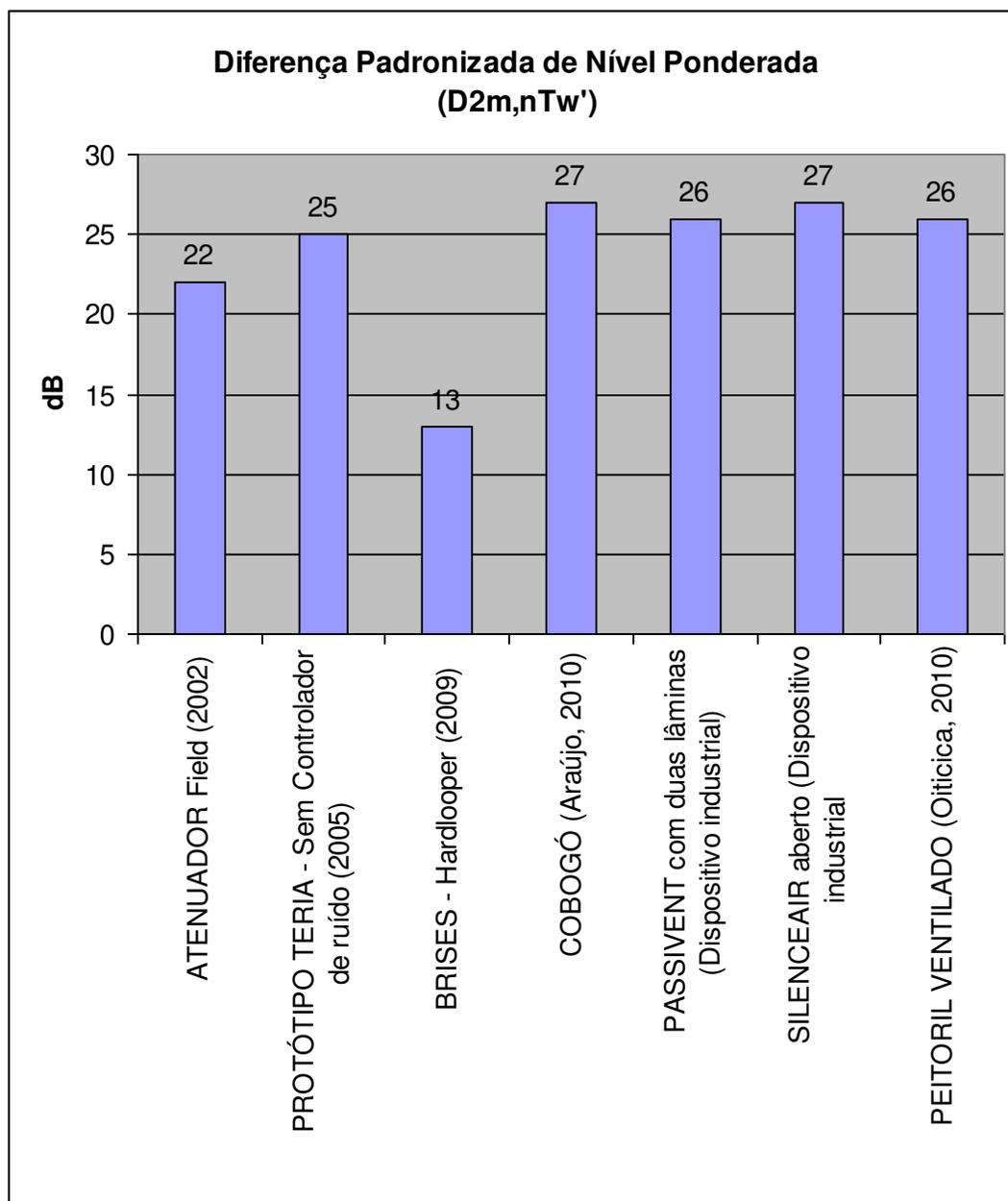
De acordo com os resultados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ) dos protótipos investigados, o peitoril em chapa metálica, em madeira e em pvc (sem placa absorvedora) apresentaram melhores índices e os custos desse material podem ser comparados com os demais. O custo decorrente da opção sustentável está aqui também presente para ser avaliado. Os materiais sustentáveis, utilizados nesta pesquisa, fazem parte de tecnologia de ponta e recentes. Seus custos, comparados com materiais antigos no mercado, são ainda mais altos que os não sustentáveis, mas à medida que forem sendo utilizados com maiores demandas, acredita-se que seus custos sejam reduzidos.

**Tabela 6.18:** Estimativa de custos dos materiais necessários para execução dos protótipos (frete e mão de obra não inclusos)

<b>CUSTOS MATERIAL PROTÓTIPOS (frete e mão de obra não inclusos)</b>							
<b>Material Protótipo</b>	<b>(A)</b>	<b>(B1)</b>	<b>(B2)</b>	<b>(C)</b>	<b>(A+B)</b>	<b>(A+B+C)</b>	<b>(A+B+C)</b>
	<b>Sup. Externa + Interna (R\$)</b>	<b>Cav. (lã de Rocha) (R\$)</b>	<b>Cav. (fibra de coco) (R\$)</b>	<b>Placa Abs. (R\$)</b>	<b>Total sem placa (R\$)</b>	<b>Total com placa de lã (R\$)</b>	<b>Total com placa de fibra (R\$)</b>
<b>Granito</b>	300,00	-	-	61,34 (lã)	300,00	361,54	-
<b>Concreto</b>	-	-	-		-	-	-
<b>Madeira</b>	147,75	46,90	-		<b>194,56</b>	<b>255,90</b>	-
<b>Chapa Metálica *ñ/ galvanizada</b>	270,00	46,90	-		<b>316,90</b>	378,44	-
<b>PVC</b>	300,00	46,90	-		<b>346,90</b>	<b>408,24</b>	-
<b>Telha Termo-acústica</b>	320,00		-		350,00	411,34	-
<b>Placa Cimentícia</b>	337,00	46,9	-		383,90	445,24	-
<b>Placa Viroc *opção sustentável</b>	242,00	-	220,00	105,00 (fibra)	<b>462,00</b>		<b>567,00</b>
<b>Placa Viroc *simulação sem sustentabilidade</b>	242,00	46,90	-	61,34 (lã)	<b>288,90</b>	<b>350,24</b>	-

## **6.6 Avaliação comparativa entre desempenho sonoro de várias pesquisas existentes com o peitoril ventilado e a norma de desempenho NBR 15575-4:2008.**

No decorrer do capítulo 4, várias pesquisas foram apresentadas, as quais buscaram informações sobre desempenho sonoro de elementos de fachadas com climatização natural. Algumas dessas pesquisas foram caracterizadas por  $R_w$  e outras por  $D_{2m,nT,w}$  (Diferença Padronizada de Nível Ponderada). A Figura 6.21 mostra resultados desses trabalhos mencionados, incluindo o desempenho sonoro do peitoril ventilado desta pesquisa. Esses valores foram sintetizados e comparados. Segundo a NBR 15575-4:2008, os valores recomendados mínimos para vedação externa de dormitórios no Brasil, com valores da Diferença de Nível Padronizada Ponderada ( $D_{2m,ntw}$ ), seria de 25dB a 29dB. Pode-se observar, na figura 6.24, que grande parte das pesquisas realizadas internacionalmente nos últimos anos, Atenuador de Field, Protótipo Teria, Cobogós, Passivent com duas lâminas, Silenceair, e o próprio Peitoril Ventilado, nas condições investigadas, atende às exigências mínimas da norma brasileira de desempenho, tornando-se assim elementos aceitos com condições de aplicabilidade no mercado sustentável. O peitoril ventilado não foge a essa regra principalmente quando comparado ao tamanho das suas aberturas investigadas (1190mm x 200mm), por serem em maiores proporções quando comparadas com as demais.



**Figura 6.21:** Diferença Padronizada de Nível Ponderada em dB de diversas pesquisas existentes com elementos de fachada com aberturas.

Os resultados apresentados, no decorrer deste trabalho, revelam que o peitoril ventilado é uma rica ferramenta bioclimática para integração entre ventilação, eficiência energética e isolamento acústico. A obtenção de valores de Diferença Padronizada de Nível Ponderada de 26dB enfatiza a aplicabilidade desse elemento como componente arquitetônico, com condições

de isolamento sonoro satisfatório nas fachadas brasileiras. Outro fator positivo do peitoril ventilado pesquisado é relativo aos tamanhos das aberturas (1190mm x 200mm) pois ao serem comparadas com as demais pesquisas, são maiores e promovem consideravelmente a ventilação natural sem maiores riscos de ruídos para o ambiente interno.

## CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES

A fase inicial deste trabalho, denominada de “*fase investigativa*”, procurou-se conhecer as normas existentes para avaliação de elementos de fachada e assim investigar o comportamento acústico de algumas tipologias de peitoris ventilados. A investigação relacionada à composição plástica dos peitoris ventilados apresentou resultados positivos na atenuação do ruído.

A fachada investigada, com a tipologia de janela com abertura e peitoril ventilado, apresentou melhor desempenho acústico que a fachada de janela com abertura sem a presença do peitoril ventilado, e pior desempenho acústico que a fachada sem abertura e sem peitoril ventilado, denominada de fachada fechada. O resultado encontrado da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ), da janela com utilização de peitoril ventilado, é na ordem de 6dB maior que a janela com abertura e sem peitoril ventilado, e 6dB menor que a fachada fechada (sem abertura e sem peitoril ventilado). Esses valores demonstraram que a presença do peitoril ventilado como componente arquitetônico de fachada é uma ferramenta bioclimática agregadora entre ventilação, eficiência energética e acústica.

A investigação da utilização de material absorvedor no duto de ventilação, canal entre a parede interna do peitoril e a parede da edificação, apresentou melhores resultados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ), quando o material foi aplicado na face interna da parede do peitoril ventilado, em comparação com a aplicação do material absorvedor na parede da edificação.

Nas investigações realizadas com aberturas fixas, peitoris ventilados com formas similares (ortogonais), mas com dimensões diferentes, denominados peitoril longo (altura de 0,70m e largura de 0,90m) e peitoril curto (altura de 0,40m e largura de 0,50m), os resultados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ), entre eles, não apresentou diferenças significativas. Os valores encontrados com tipologias de janelas com a presença de peitoris

ventilados, seja qual for a sua dimensão, continuou apresentando melhores resultados de que as tipologias de uma fachada com a mesma abertura, porém sem a presença de peitoris ventilados.

Os resultados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ), das tipologias de peitoris ventilados, com presença de ressonadores, ou não, na parede interna do peitoril ventilado (duto de passagem do vento), não apresentaram diferenças significativas entre elas. O fato importante a ser considerado é a melhora de desempenho acústico apresentado, quando, nas investigações com a mesma tipologia de peitoril com ressonadores, foi colocado material absorvedor na cavidade central entre as lâminas (superfícies) do peitoril, área essa conectada e exposta às aberturas dos ressonadores.

Com base nos resultados encontrados nos peitoris ventiladas investigados na “*fase investigativa*”, algumas sugestões para estratégias passivas de projeto são apresentadas. Primeiramente, para obter os melhores desempenhos acústicos, deve-se beneficiar a parede interna (superfície voltada para o duto de vento) do peitoril ventilado com a colocação de um material absorvedor de alto desempenho acústico. Caso o peitoril não possa ser modificado arquitetonicamente, deve-se utilizar a parede da edificação do duto de ventilação do peitoril com a presença também de material absorvedor de alto desempenho. Outra estratégia de projeto é utilizar ressonadores no peitoril ventilado. Preferencialmente, para obtenção de melhores desempenhos acústicos, deve-se utilizar material absorvedor de alto desempenho na cavidade central do peitoril (entre as duas lâminas do peitoril ventilado). Em tipologias investigadas, com padrão de forma ortogonal, as dimensões (altura e largura) dos peitoris ventilados, sejam eles peitoris curtos ou longos, não apresentam diferenças significativas no desempenho acústico entre elas, a diferença fica por conta da variação espectral em algumas frequências. A interface do desempenho acústico do peitoril ventilado com a arquitetura bioclimática é que todas as investigações de fachadas com utilização de janela com aberturas e utilizando peitoril ventilado apresentaram melhoras significativas na Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ), quando comparados com fachadas com janelas com a mesma abertura sem a presença do peitoril ventilado.

A segunda fase deste trabalho, “*fase aplicativa*”, avaliou diversas tipologias de peitoris ventilados, divididos em três etapas (comparação, investigação e melhoramento), procurando

investigar várias composições construtivas com diferentes materiais, tais como: granito, concreto, madeira, chapa metálica, PVC, telha termo-acústica, chapa cimentícia e placa viroc.

A etapa “*comparação*” investigou desempenhos de alguns elementos de fachada, com ou sem utilização de peitoril ventilado, para que os resultados de desempenhos possam ser comparados com as diversas tipologias de peitoris ventilados. Os resultados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ) encontrados mostraram que uma fachada totalmente fechada (sem abertura e sem janelas) obtém alto desempenho acústico na ordem de 37dB. Os valores de desempenho encontrados para as fachadas com algum tipo de janela fechada (vidro simples, vidro duplo e utilizando peitoril ventilado com abertura fechada) variaram entre 30dB a 27dB. As fachadas, com a presença de uma abertura (1190mm x 200mm) similar à utilizada nas investigações de peitoris ventilados, apresentaram uma redução considerável de desempenho acústico, com valores de apenas 12dB. Os resultados são claros: à medida que as intervenções vão ocorrendo na fachada, utilizando-se janelas e aberturas, perdas de desempenho também vão sendo detectadas, quando comparadas com uma fachada fechada com alvenaria.

A composição das diversas tipologias de peitoris ventilados investigadas com os diferentes materiais foi variada. Os resultados apresentados são os pesquisados na etapa “*investigação*” (sem utilizar placa absorvedora na parede da edificação) e etapa “*melhoramento*” (com utilização de placa absorvedora na parede da edificação).

O grupo denominado de peitoris ventilados com parede simples (peitoril de granito e peitoril de concreto) e parede composta (peitoril de telha termo-acústica, peitoril de placa cimentícia e peitoril com placa viroc), sem a presença da placa absorvedora na parede da edificação, apresentou desempenho acústico entre 16dB a 19dB. O pior desempenho acústico apresentado foi o peitoril ventilado de concreto com 16dB. Esses dois grupos de peitoris ventilados têm detalhes construtivos diferenciados, porém apresentam uma similaridade entre seus componentes construtivos. A similaridade existente é a presença da superfície da parede interna do peitoril ventilado, no duto de passagem de vento, com alta característica refletora. Esses resultados enfatizam que, quanto mais refletora for a superfície da parede interna do peitoril ventilado, menor será o seu desempenho acústico. A utilização de placas absorvedoras na parede da edificação, dos dutos de ventilação dos peitoris ventilados é bem aplicada neste grupo.

A aplicação dessas placas apresentou melhoras de desempenho acústico nos diversos peitoris, na ordem de 2dB a 5dB. O desempenho acústico dos diversos peitoris ventilados desse grupo, com a utilização da placa absorvedora, apresentou valores de Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ) entre 21dB a 23dB. O fato interessante é que este grupo de peitoris ventilados apresentou os melhores desempenhos com a utilização da placa absorvedora na parede da edificação. Os resultados de desempenho, comparados com os de uma fachada com similar abertura (sem utilizar peitoril ventilado), apresentaram melhoras na ordem de 9dB a 11dB. Esses valores demonstram, mais uma vez, a importância do peitoril ventilado na integração bioclimática, uma vez que a presença de peitoris ventilados como elemento de fachada permite integrar a ventilação com atenuação do ruído.

Os resultados mais significativos encontrados são os referentes ao grupo dos peitoris ventilados elaborados de paredes composta (material refletor, absorvedor e perfurado), cujas superfícies internas (parede do duto de ventilação) são perfuradas. A Diferença de Nível Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ) apresentou valores entre 25dB a 26dB. Nessa situação, a inserção da placa absorvedora na parede da edificação não agrega valores, já que as melhoras de desempenho acústico desses elementos de fachada não foram significantes. Os resultados de desempenho desse grupo, composto com uma superfície perfurada, comparados com os de uma fachada com similar abertura (sem utilizar peitoril ventilado), apresenta melhoras na ordem de 13dB a 14dB. Interessante observar que essa característica de peitoril duplica a melhora do desempenho acústico da fachada (14dB) que, antes, com fachada com abertura, sem utilizar peitoril ventilado a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ), era de apenas 12dB.

Os materiais sustentáveis (placa viroc e fibra de coco) investigados nessa pesquisa, com características similares aos não sustentáveis (placa cimentícia e lã de rocha), apresentaram resultados similares de desempenho. A fibra de coco, com NRC de 0,68 e a lã de Rocha com NRC de 0,88, ao serem aplicadas na parede da edificação, os resultados encontrados da Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ) não foram diferentes, isto é, 21dB.

As sugestões para utilização de estratégias de projeto, fundamentadas nessa segunda fase, denominada “*aplicativa*”, ressalta algumas observações, mencionadas na etapa anterior. A

utilização dos peitoris ventilados, preferencialmente, deve ter as superfícies internas perfuradas, superfície do duto de ventilação, com aplicação de material absorvedor de alto desempenho acústico. Ao serem utilizados peitoris ventilados com essas características, a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ( $D_{2m,nTw}$ ) é entre 25dB a 26dB. A combinação desses peitoris ventilados com material absorvedor na parede da edificação não melhorará significativamente o desempenho acústico. A placa absorvedora na parede da edificação melhora, sim, o desempenho acústico dos ambientes, quando utilizada com peitoris ventilados, cujas superfícies internas sejam refletoras. Essa melhora é de 2db a 5dB do desempenho do peitoril sem sua utilização. Esses peitoris ventilados, com superfícies refletoras internas do duto de ventilação, têm desempenho acústico entre 16dB a 19dB. Os materiais sustentáveis, quando utilizados, são eficientes acusticamente, porém seus custos ainda precisam ser mais competitivos com os materiais não sustentáveis, principalmente a fibra de coco.

Conclui-se que as fachadas com utilização de peitoris ventilados permitem que os ambientes possam ser climatizados naturalmente com significativa atenuação de ruído. As diferenças entre as diferentes tipologias existem, porém a composição construtiva das suas superfícies é relevante, para estimular ambientes menos ruidosos. Os resultados comprovam que fachadas com utilização de peitoril ventilado atenuam ruídos e são quase tão eficientes acusticamente, quanto uma fachada similar fechada com janelas de vidro simples. Os peitoris, por serem uma abertura complementar, podem melhorar ainda mais o seu desempenho, quando a alternativa de utilização de basculante for aplicada, para momentos específicos mais ruidosos. Comprovadamente, o peitoril ventilado é uma alternativa passiva de projeto, sustentável, atenuadora de ruído, beneficiadora da ventilação natural, por permitir passagem de ventilação e, conseqüentemente, uma ferramenta energeticamente eficiente.

As investigações sobre desempenho acústico de peitoris ventilados não devem ficar apenas nesses resultados introdutórios. A inexistência de parâmetros acústicos fez com que, esse trabalho fosse iniciado. Recomenda-se que sejam feitas investigações, procurando a integração bioclimática dessas informações, com áreas de conforto térmico e luminoso. O peitoril ventilado tem a contribuir para ambientes mais saudáveis e sustentáveis. Várias investigações podem ser realizadas ainda com esta ferramenta de trabalho, a exemplo de: investigar o desempenho acústico de novas formas de peitoris, inclinadas e curvas; investigar a integração do peitoril

ventilado com a ventilação cruzada nas edificações; buscar aperfeiçoar o desempenho acústico do peitoril ventilado em frequências específicas abaixo de 500 Hz, sem que haja prejuízo do fluxo de ventilação. Certamente, essas propostas de pesquisa podem conduzir a arquitetura para caminhos mais sustentáveis e assim contribuir para a preservação do nosso planeta nas próximas gerações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

\_\_\_\_\_. **ISO 717-1:1996 (E)**, Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and elements of building elements – Part 1: Airborne sound insulation. Geneva, 1996. 17p.

\_\_\_\_\_. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, Dez 1987. 04 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 10179**: Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, Dez 1987. 04 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 10520**: informação e documentação – apresentação de citações em documentos. Rio de Janeiro, jul 2001. 04 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15.220** - Norma Brasileira de Desempenho Térmico para Edificações, Rio de Janeiro, 2005b.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575** – Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Rio de Janeiro. Maio 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 6023**: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, Ago 2000. 22 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 6023**: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, Ago 2000. 22 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 8572-84**. Fixação de valores de redução de nível de ruído para tratamento acústico de edificações expostas ao ruído aeronáutico. Rio de Janeiro. 1984.

ACOUSTIC AIRCOOLER VENTILATER-PASSIVENT. Disponível em: <<http://www.passivent.com/>> . Acesso em 20 de Fevereiro de 2010.

ALLARD, F. Natural Ventilation in Building: A Design Handbook. London: James & James Ltd, 1998, 352p

ALMEIDA, M.; SCHAEFER, R.; LA ROVERE, E. **The potencial for eletricity conservation and peak load reduction in the residential sector of Brazil**. Energy, v.26, n.5, p.413-429, Apr. 2001.

AMORIM, Luis Manuel do Eirado. Modernismo recifense: uma escola de arquitetura, três paradigmas e alguns paradoxos. **Portal Vitruvius Arqutextos**, n.012, maio 2001. Disponível em: <[http://www.vitruvius.com.br/arqutextos/arq012/arq012\\_03.asp](http://www.vitruvius.com.br/arqutextos/arq012/arq012_03.asp)>. Acesso em: 25 abril 2008.

ARAÚJO, B. C. D. **Proposta de elemento vazado acústico**. 2010. 1v. 196p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, São Paulo.

ARAÚJO, BIANCA C. D.; BISTAFA, SYLVIO R. Desempenho Acústico de Elementos Vazados. In: X ENCONTRO NACIONAL E VI ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ENCAC 2009, Natal, Rio Grande do Norte. **Anais...** Natal, Rio Grande do Norte, 2009. 1 CD-ROM.

ASDRUBALI, F.; BURATTI, C.; BALDINELLI, G. Investigation on the performances of high sound insulation ventilating windows. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL ENGINEERING – INTERNOISE 2004, Prague, Czech Republic. **Anais...** Prague, Czech Republic, 2004. 1 CD-ROM.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 10151**: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - procedimento. Rio de Janeiro, jun 2000. 04 p.

BELOJEVIC, G.; LINDVAL, T.; ALESKSC, O. Subjective reactions for traffic noise with some regard to some personality traits. **Environ Int**, vol 23, p. 221-226, 1997.

BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D. H. **Guidelines for Community Noise**. World Health Organization. 1995. Stockolm University and Karolinska Institute. Available on: <http://www.ruidos.org/Noise/Comnoise-1.pdf> , acesso em 02 de junho de 2008.

BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo. Editora Edgard Blucher. 2006. 368p.

BITTENCOURT, L. S.; SACRAMENTO, A.; LEAL, T. A.; CÂNDIDO, C. A influência do tipo de fechamento dos peitoris ventilados na velocidade e distribuição da ventilação natural em salas de aula. In: IX ENCONTRO NACIONAL E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENCAC 2007. Ouro Preto, Brasil. **Anais...** Ouro Preto, Brasil. 2007. 1 CD ROM.

BITTENCOURT, L.; CANDIDO, C. **Introdução a Ventilação Natural**. Maceió: EDUFAL, 2005.

BLASCO, M.; CRISPIN, C.; INGELAERE, B. Acoustical performances of double ventilated glass façades. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL ENGINEERING – INTERNOISE 2004, Prague, Czech Republic. **Anais...** Prague, Czech Republic, 2004. 1 CD-ROM.

BRUAND, Y. **Arquitetura Contemporânea no Brasil**. São Paulo. Editora Perspectiva. 1981.  
CHEW, C. H.; LIM, K. B. Façade effects on the traffic noise from the expressway. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 41, p. 47-62, 1994.

COSTA, H. S. **Quem ganha e quem perde com a crise energética**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, março de 2002. Disponível :

<<http://www.provedor.nuca.ie.ufrj.br/provedor/biblioteca/crise.htm>>. Acesso em 28 de junho de 2008.

CSTB passive-active ventilation control system. Disponível em: <<http://www.teria.itc.cnr.it/AllestimentiSperimentali.htm>>. Acesso em: 08 de abril de 2010.

CSTB, Contact- Julien Maillard. Projet TERIA:Pour concilier confort thermique et acoustique. Disponível em; <<http://www.cstb.fr/actualites/webzine/thematiques/acoustique/projet-teria-pour-concilier-confort-thermique-et-acoustique.html>>. Acesso em: 08 de abril de 2010.

DE SALIS, M. H. F.; OLDHAM, D. J.; SHARPLES, S. Noise control strategies for naturally ventilated buildings. **Building and Environment**, vol. 37, p. 471-484, 2002.

DIEN, H. H.; WOLOSZYN, P. The acoustical influence of balcony and parapet form: experiments and simulations. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 66, p.533-551, 2005.

DUARTE, E. A. C.; VIVEIROS, E. B. Relation between acoustic degradation of sound insulation and historical evolution of architecture. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL ENGINEERING – INTERNOISE 2004, Prague, Czech Republic. **Anais...** Prague, Czech Republic, 2004. 1 CD-ROM.

DUARTE, Elisabeth de Albuquerque Cavalcanti. **Estudo do isolamento acústico de paredes de vedação da moradia brasileira ao longo da história**. 2005. 1v. 100p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina – Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

EGAN, M. D. **Architectural Acoustics**. Editora McGraw-Hill,Inc. New York. 1988. 411p.

EL-DIEN, H; HOSSAM, H. Acoustic performance of high rise building façades due to its balconies form. In: EURONOISE 2003, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy. 2003. 1 CD-ROM.

ETTOUNEY, S. M.; FRICKE, F. R. Courtyard acoustics. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 6, p. 119-132, 1973.

FAHY, F. **Sound and Structural Vibration: Radiation, Transmission and Response**. London: Academic Press Inc., 1985, 309p.

FIELD, C. D.; DIGERNESS, J. Acoustical design for naturally ventilated building. In: ACOUSTICS'08, Paris, France. **Anais...**Paris, France, 2008. 1CD-ROM.

FIELD, C. The latest developments of an attenuator for naturally ventilated buildings. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL ENGINEERING – INTERNOISE 2004, Prague, Czech Republic. **Anais...** Prague, Czech Republic, 2004. 1 CD-ROM.

FORTE, F. Costs of noise and Italian urban policies. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey, 2007. 1 CD-ROM.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. Manual do Conforto Térmico. Editora Studio Nobel, 7ª Edição, São Paulo, SP. 2005. 244p

GERGES, S. H. Y. **Ruído**: fundamentos e controle. Florianópolis: Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, 1992.

GHAIAUS, C.; ALLARD, F. SANTAMOURIS, M. GEORGAKIS, C. ROULET, C. –A. GERMANO, M. TILLENKAMP, F. HEIJMANS, N. NICOL, F. MALDONADO, E. ALMEIDA, GUARACINO, G. ROCHE, L. Natural Ventilation in Urban Areas – Results of the European Project URBVENT, Part 1: Urban Environment. Disponível em: <[http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4966/1/Ghiaus\\_RI\(SCI\)\\_2005.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4966/1/Ghiaus_RI(SCI)_2005.pdf)>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2008.

GHIAUS, C.; ALLARD, F.; SANTAMOURIS, M.; GEORGAKIS, C.; NICOL, F. Urban environment influence on natural ventilation potencial. **Building and Environment**, vol. 41, p. 395-406, 2006.

GHIAUS, C; ALLARD, F., (eds). **Natural Ventilation in the Urban Environment-Assessment and Design**, Earthscan, 2005. apud FIELD, C. D.; DIGERNESS, J. Acoustical design for naturally ventilated buiding. In: ACOUSTICS'08, Paris, France. **Anais...**Paris, France, 2008. 1CD-ROM.

GIVONI, B. Confort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Building**, vol. 18, july 92, pp.11-23.1992.

GUEDES, I. C. M. **Influência da forma urbana em ambiente sonoro: um estudo no bairro jardins em Aracaju (SE)**. 2005. 1v.126p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas – Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. São Paulo.

GUEDES, I. C. M.; BERTOLI, S. R. Urban interference on the environmental noise in the city of Aracaju – Brasil. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005. 1 CD-ROM.

HAMMAD, R. N.; GIBBS, B. M. The acoustic performance of building façades in hot climates: Part 1 – Courtyards. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 16, p. 121-137, 1983.

HAMMAD, R.N.; GIBBS, B.M. The acoustic performance of building façades in hot climates: Part III – conventional screens. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 20, p. 183-194, 1987.

HAMMAD, R.N.; GIBBS, B.M. The acoustic performance of building façades in hot climates: Part 2 – Closed Balconies. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 16, p. 441-454, 1983.

HARDLOOPER, J. Sound reduction of open noise screens. In: ACOUSTICS'08 – EURONOISE 2009, Paris, França. **Anais...** Paris, França, 2009. 1 CD-ROM.

HARDLOOPER, J.; CAUBERG, J. J. M. Noise reduction by open screens. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL ENGINEERING – INTERNOISE 2004, Prague, Czech Republic. **Anais...** Prague, Czech Republic, 2004. Disponível em CD-ROM.

HOLANDA, A. Roteiro para construir no Nordeste, MDU/UFPE, Recife, 1976, p. 43.

HOSSAM EL DIEN, H.; WOLOSZYN, P. Prediction of the sound field into high-rise building facades due to its balcony ceiling form. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 65, p. 431-440, 2004.

HOSSAM EL DIEN, H.; WOLOSZYN, P. The acoustical influence of balcony depth and parapet form: experiments and simulations. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 66, p. 533-551, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2003) Estimativa. Disponível em: ><http://www.pmf.sc.gov.br?index.php?link=perfil&sublink=demografia>> .

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 140-5:1998 (E)**, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades. Geneva, 1998. 25p

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência Energética na Edificação. São Paulo. Prolivros. 2004. 188p.

LAMBERTS, R.; GOULART, S.; CARLO, J.; WESTPHAL, F.; PONTES, R. O. Regulamentação de Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais e Públicos. In: IX ENCONTRO NACIONAL E V ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ENCAC 2007, Ouro Preto, Minas Gerais. **Anais...** Ouro Preto, Minas Gerais, 2007. 1 CD-ROM.

LAMBERTS, R.; TRIANA, M. A. Projeto Tecnologias para a Construção Habitacional mais Sustentável - Estado da Arte”. Disponível em: <<http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/>> . Acesso em: 05 de maio de 2010

LEAL, T. A; CÂNDIDO, C; BITTENCOURT, L. S. A influência na distribuição e ventilação natural a partir do uso do peitoril ventilado em escolas. In: XI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Florianópolis, Brasil. **Anais...** Florianópolis, Brasil. 2006. 1 CD ROM.

LEE, P. J.; KIM, Y. H.; JEON, J. Y.; SONG, K. D. Effects of apartment building façade and balcony design on the reduction of exterior noise. **Building and Environment**, vol. 42, p. 3517-3528, 2007.

LEWIS, P.T. Effect of Frame Construction on the Sound Insulation of Unsealed Windows. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 12, p. 15-24, 1979.

LISOT, A.; SOARES, P. Ressonadores de helmholtz em barreiras acústicas: Avaliação do desempenho na atenuação do ruído de tráfego. In: ACUSTICA 2008, Coimbra, Portugal. **Anais...** Coimbra, Portugal, 2008. 1 CD-ROM.

MACIEL, Alexandra Albuquerque. Integração de Conceitos Bioclimáticos ao Projeto Arquitetônico. 2006. 1v. 187p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina – Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

MATSUMOTO, T.; OKUBO, T.; YAMAMOTO, K. A study on prediction of sound insulation of absorptive louvers. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey, 2007. 1 CD-ROM.

MCCARTNEY, K. J.; HANSEN, C. H. **Developing an adaptive control algorithm for Europe, Energy and Building**, vol 34, pp623-635, 2002. apud FIELD, C. D.; DIGERNESS, J. Acoustical design for naturally ventilated building. In: ACOUSTICS'08, Paris, France. **Anais...** Paris, France, 2008. 1CD-ROM.

MEHTA, Madam; JOHNSON, Jim; ROCAFORT, Jorge. Architectural Acoustics: Principles and Design. Columbus: Prentice Hall, 1994. 446p.

MINDLIN, H. E. **Arquitetura Moderna no Brasil**. Rio de Janeiro. Aeroplano Editora IPHAN. 2000.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética. **Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais e Públicos**. Aprovada em fevereiro de 2008.

MOHSEN, E. A.; OLDHAM, D. J. Traffic noise reduction due to screening effect of balconies on a building façade. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 10, p. 243-257, 1977.

MOREIRA, D. F. **Arquitetura Moderna no Norte e Nordeste do Brasil: universalidade e diversidade**. Recife. FASA. 2007.

MUZET, A. Noise exposure from various sources- sleep disturbances dose-effect relationships on adults. **In: Proceedings WHO Technical Meeting on Exposure-response relationships of noise on health**, Strasbourg, France. Julho 2002, p.1-18, 2002.

NARDI, A. V.; VIVEIROS, E. B. On the lack of environmental noise indicators in studies on life quality of cities in Brazil. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey, 2007. 1 CD-ROM.

NETO, M. F. F.; BERTOLI, S. R. Desempenho de barreiras acústicas ao ar livre : comparação entre eficiência e qualidade sonora. In: XX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DA ACUSTICA – SOBRAC E II SIMPOSIO BRASILEIRO DE METROLOGIA EM ACÚSTICA E VIBRAÇÕES - SIBRAMA. Rio de Janeiro, Brasil. **Anais...** Rio de Janeiro, Brasil. 2002.

NETO, Maria de Fátima Ferreira. **Estudo de barreiras acústicas ao ar livre, sob a perspectiva de eficiência e qualidade sonora**. 2002. 1v.118p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas – Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. São Paulo.

NG, P .S.; CHU, E. Screening effectiveness of balcony against road traffic noise. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL ENGINEERING – INTERNOISE 2004, Prague, Czech Republic. **Anais...** Prague, Czech Republic, 2004. 1 CD-ROM.

NIEMEYER, M. L.; SANTOS, M. J. de O. Qualidade acústica no espaço urbano. In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: ANTAC, 2001. 1 CD-ROM.

OLDHAM, D. J.; MOHSEN, E. A. The Acoustical Performance of Self-Protecting Building, **Journal of Sound and Vibration**, vol. 65 (4), p. 557-581, 1979.

OLGAY, V. *Clima y arquitectura en Colombia*. Cali: Universidad del Valle, 1968.

OLGAY, V. *Design with climate*. Princeton University, Princeton: 1963.

PAIXÃO, Dinara Xavier da. **Caracterização do Isolamento Acústico de uma Parede de Alvenaria, Utilizando Análise Estatística de Energia (SEA)**. 2002. 1v. 167p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina – Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

PATRICIO, J.; BRAGANÇA, L. The contribution of roller shutters to noise insulation of façades. In: EURONOISE 2003, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy. 2003. 1 CD-ROM.

PAZ, E. C.; FERREIRA, A. M. C.; ZANNIN, P. H. T. Estudo comparativo da percepção do ruído urbano, **Revista Saúde Pública**, vol. 39(3), p. 467- 472, 2005.

PIMENTEL-SOUZA, F. Efeito do Ruído no homem dormindo e acordado. XIX ESBA, Sobrac 2000. Disponível em: <[www.icb.ufmg.br/br/lpf/pimentel,sobrac2000.html](http://www.icb.ufmg.br/br/lpf/pimentel,sobrac2000.html)> Acesso em: 05 de junho de 2008.

PORTAL VITRUVIUS, ARQUITEXTOS-012 03. Maio 2001. Disponível em: <[http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq012/arq012\\_03.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq012/arq012_03.asp)> Acesso em: 20 de maio de 2006.

PORTAL VITRUVIUS, ARQUITEXTOS-062, Julho 2005. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp318.asp>>. Acesso em: 20 de maio de 2006.

PORTAL VITRUVIUS, ARQUITEXTOS-072. Maio 2006. Disponível em: <[http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072\\_02.asp](http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq072/arq072_02.asp)> ). Acesso em: 20 de maio de 2006.

PROCEL; ELETROBRAS. Regulamentação de Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais e Públicos. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/Regulamentacao\\_Versao12\\_press2.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/Regulamentacao_Versao12_press2.pdf)>. Acesso em: 20 de março de 2009.

RECUERO, M; GIL, C. **Acustica Arquitectonica**. Madrid: Ártica, 1973,784p.

RENSON. Disponível em: < <http://www.renson.es/search.html> > Acesso em 20 de fevereiro de 2010.

REYNOLDS, D. D. **Engineering Principles of Acoustics**. Boston: Alliynd and Bacon Inc., 1981, 641p.

RINDEL, J. H. Sound insulation of buildings. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey, 2007. 1 CD-ROM.

RIVIERO, R. **Acondicionamento Térmico natural: Arquitetura e Clima**. Porto Alegre. D. C. Luzzatto Editores. 1986.

ROMERO, M. A. B. **Princípios Bioclimáticos para o desenvolvimento urbano**. São Paulo. Projeto. 1988.

SILENCEAIR. Disponível em: <<http://www.silenceair.com/site/silenceair-products.html#acoustic-vents>>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2010.

TAVARES, S. F.; **Metodologia para análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006

TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R. Metodologia da Avaliação Brasileira para o Setor Residencial: Eficiência Energética. In: IX ENCONTRO NACIONAL e V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBEINTE CONSTRUÍDO, 2007, Ouro Preto. Minas Gerais. **Anais eletrônicos...** Ouro Preto. Minas Gerais. 2007.1 CD-ROM.

VERMEIR, G.; GEENTJENS, G.; BRUYNINCKX, W. Measurement and calculation experiences on façade sound insulation. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL ENGINEERING – INTERNOISE 2004, Prague, Czech Republic. **Anais...** Prague, Czech Republic, 2004. 1 CD-ROM.

VIQUEIRA, R.; CASTREJON, F.; FREIXANET, F; ESPINOSA, C.; VELAZQUEZ, H.; CHAVEZ, G.; MANZO, R.; BACA, G. **Introducción a la Arquitectura Bioclimática**. México. Limusa Noriega Editores. 2002.

VITRÚVIO. **Tratado de Arquitetura**. São Paulo.SP. Martins Editora Livraria Ltda. 2006.

VIVEIROS, E. B.; GIBBS, B. M.; GERGES, S. N. Y. Measurement of sound insulation of acoustic louvers by an impulse method. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 63, p. 1301-1313, 2002.

---

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados*

VIVEIROS, Elvira Barros. Evaluation of the acoustical performance of louvre by impulse response analysis. 1998. 1v. 216p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina – Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

WACKERNAGEL, M.; ONISTO, L.; LINARES, A. C.; FALFAN, I. S. L.; GARCIA, J. M.; GUERRERO, A. I. S.; GUERRERO, M. G. S. **National Natural Capital Accounting with the Ecological Footprint Concept, Ecological Economics**, vol 29, pp375-390,1999. apud FIELD, C. D.; DIGERNESS, J. Acoustical design for naturally ventilated buiding. In: ACOUSTICS'08, Paris, France. **Anais...**Paris, France, 2008. 1CD-ROM.

ZANNIN, P. H. T.; DINIZ, F. B.; BARBOSA, W. A. Environmental noise pollution in the city of Curitiba, Brazil, **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 63, p. 351-558, 2002.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ADACHI, Andrea Zeballos. **Desafios na conciliação dos requisitos de qualidade acústica arquitetônica**. 2005. 1v. 198p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ALVARES, P.; PIMENTEL-SOUZA, F. A poluição sonora em Belo Horizonte. **Revista de Acústica e Vibrações**, vol. 10, p. 22-42, 1992.

AMARAL, Claudia Maria Martins. **Análise do conforto ambiental em habitações populares, sob o ponto de vista da tipologia construtiva adotada**. 2004. 1v. 128p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Fluminense – Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.

AMUNDSEN, A.H. Effects of Facade Insulation on Annoyance and Sleep Disturbances. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey, 2007. 1 CD-ROM.

ANDRADE, S.M.M.; SLAMA, J.G.; AZEVEDO, J.P.S. Methodology for noise environmental impact assessment from building construction in urban areas. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005. 1 CD-ROM.

ASAKURA, T.; SAKAMOTO, S.; SAKIMOTO, Y.; SATOH, F.; TACHIBANA, H. Improvement of sound insulation of doors/windows by absorption treatment inside the peripheral gaps. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey, 2007. 1 CD-ROM.

AUGELLI, L.; BESNIER, E. The acoustic effects of mineral materials in lightweight partition walls. In: EURONOISE 2003, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy. 2003. 1 CD-ROM.

AYR, U.; CIRILLO, E.; FATO, I.; MARTELOTTA, F. A new approach to assessing the performance of noise indices in buildings. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 64, p. 129-145, 2003.

BARBOSA, Eliane Silva. **A Arquitetura moderna à luz das fachadas**. 2005. 1v. 123p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BATISTA, Norma do Nascimento. **A importância do projeto acústico com um dos parâmetros para obtenção da qualidade do espaço edificado**. 1998. 1v. 154p. Dissertação

(Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro – Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

BERANEK, L. L. Application of NCB noise criterion curves. **Noise Control Engineering Journal**, v. 33, n. 2, September/ October p. 45-56, 1989.

BERANEK, L. L. Balanced noise-criterion (NCB) curves. **The Journal of Acoustic Society of America**, vol. 86, n. 2, p. 650-664, 1989.

BERANEK, L. L. Criteria for noise in building. **Noise Control**. Bolt Beranek and Newman Inc. January, 1957. p. 19-27.

BERANEK, L. L.; BLASIER, W. E.; FIGWER, J. J. Preferred noise criteria (PNC) curves and their application to rooms. **The Journal of Acoustic Society of America**, v. 50, p.

BERTOLI, S. R. Avaliação do conforto acústico de prédio escolar da rede pública: o caso de Campinas. In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2001, São Pedro, São Paulo. **Anais...** São Pedro, São Paulo. 2001. 1 CD-ROM.

BERTOLLI, S. R. Avaliação do desempenho acústico em creches de conjunto habitacional de interesse social: o caso de projetos padrão. In: V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENCAC 1999. 1999, Fortaleza. Ceará. **Anais...** Fortaleza, Ceará. 1999.

BRUNSKOG, J. The influence of finite cavities on the sound insulation of double-plate structures. *J. Acoustical Soc. Am.* vol. 117, n.6, June, 2005.

BURATTI, C. Indoor noise reduction index with open window (Part II). **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 67, p. 381-401, 2002.

BURATTI, C. Indoor noise reduction index with open window. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 63, p. 431-451, 2002.

BURK, W. **Manual de medidas acústicas para el control del ruido**. Barcelona: Blume, 1966.

CAPELUTO, G.I. A methodology for the qualitative analysis of winds: natural ventilation as a strategy for improving the thermal comfort in open spaces. **Building and Environment**, vol. 40, p. 175-181, 2005.

CARVALHO, B. A. **Acústica aplicada à arquitetura**. Rio de Janeiro: Biblioteca Técnica Freitas Bastos, 1967.

CASTRO, C.; DEBLANDER, J-P.; MISPREUVE, H. Panel sandwich abierto para aislamiento acústico de paredes y techos. In: FORUM ACOUSTICUM 2002, Servilla, Spain. **Anais...** Servilla, Spain, 2002. 1 CD-ROM.

CAVANAUGH, W. J.; WILKES, J. A. **Architectural acoustics: principles and practice**. New York: John Wiley and sons, 1999.

COMITÊ BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO CIVIL (COBRACON) DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. {Homepage Institucional}. Disponível em <http://www.cobracon.org.br>. acesso em 07 fev. 2005

COPS, A.; SOUBRIER, D. Sound transmission loss of glass and windows in laboratories with different room design. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 25, p. 269-280, 1988.

COTANA, F.; GORETTI, M. Tools for building acoustics design and experimental performances. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2005, Rio de Janeiro, Brazil. **Anais...** Rio de Janeiro, Brazil. 2005. 1 CD-ROM.

CRAIK, R.J.M. The noise reduction of the acoustic paths between two rooms interconnected by a ventilation duct. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 12, p. 161-179, 1979.

CRIZEL, Lori Correa. **Acústica bioclimática: atenuador sonoro em edificações de clima tropical úmido**. 2003. 1v. 142p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro – Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CROSBY, Philip B. **Qualidade e investimento**. 3ª ed., Rio de Janeiro, Jose Olimpio Editora, 1990.

DAVIES, J. C.; GIBBS, B. M. The Oblique Incidence Measurement of Transmission loss by an Impulse Method, **Journal of Sound and Vibration**, vol. 74 (3), p. 381-393, 1981.

DEPECKER, P.; MENEZO, C.; VIRGONE, J.; LEPERS, S. Design of buildings shape and energetic consumption. **Building and Environment**, vol. 36, p. 627-635, 2001.

DESARNAULDS, V. Acoustics of a very large open-plan learning center at the Swiss Institute of Technology in Lausanne (EPFL). In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey, 2007. 1 CD-ROM.

DI BELLA, A.; ROSSETTI, S.; ZECCHIN, R. Acoustic absorption properties of ordinary materials and building components. In: FORUM ACOUSTICUM 2002, Sevilla, Spain. **Anais...** Sevilla, Spain, 2002. 1 CD-ROM.

EFIMTSOV, B. M.; LAZAREV, L. A. Sound transmission loss of double-wall partitions with resonators. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL ENGINEERING – INTERNOISE 2002, Dearborn, MI, USA. **Anais...** Dearborn, MI, USA, 2002. 1 CD-ROM.

ENMARKER, I. The effect of road traffic noise on teachers' memory and attention. In: EURONOISE 2003, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy. 2003. 1 CD-ROM.

ESTEBAN, A; CORTÉS, A.; FUENTE, M.; ARRIBILLAGA, O. Requirements and tools for the new Spanish Building Regulation for noise protection. In: ENVIRONMENTAL NOISE

CONTROL ENGINEERING – INTERNOISE 2004, Prague, Czech Republic. **Anais...** Prague, Czech Republic, 2004. 1 CD-ROM.

FAUSTI, P.; SECCHI, S. Comparison between sound reduction index measurement techniques. In: FORUM ACOUSTICUM 2002, Servilla, Spain. **Anais...** Servilla, Spain, 2002. 1 CD-ROM.

FIELD, C. The Relationship Between Good Acoustic Design Practices and Sustainable Building Design. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey, 2007. 1 CD-ROM.

FORD, R. D. Predicting the Sound Reduction Index of Laminated Glass, **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 43, p. 49-55, 1994.

FOTHERGILL, L.C. Sound insulation between dwellings. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 24, p. 321-334, 1988.

GAJA, E.; GIMINEZ, A.; SANCHO, S.; REIG, A. Sampling techniques for the estimation of the annual equivalent noise level under urban traffic conditions. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 64, p. 43-53, 2003.

GARCIA, D.B.; VECCI, M.A. Evaluation of residential buildings sound insulation criteria for Brazil. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005. 1 CD-ROM.

GARCIA, E. F.; ROMERO-GARCIA, V.; GARCIA-RAFFI, L. M.; SÁNCHEZ-PÉREZ, J. V.; MARTÍNEZ-SALA, R. M.; MICHAVILA, C. R. New parameters to increase the sound attenuation in green acoustic screens. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey 2007. 1 CD-ROM.

GHISI, E.; TINKER, A. J. An ideal window area concept for energy efficient integration of daylight and artificial light in buildings. **Building and Environment**, vol. 40, p. 51-61, 2005.

GIVONI, B. Confort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Building**, vol. 18, July 92, pp.11-23.1992.

GIVONI, B. Man, climate and architecture, 2a ed. Londres: Applied Science Publishers, 1976.

GOYDKE, H. New International standards for building and room acoustics. **Applied Acoustic**, Great Britain, vol. 52, nº ¾, p. 185-196, 1997.

GRIEFAHN, B. Environmental noise and sleep. Review – need for further research. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 32, p. 255-268, 1991.

GRIFFITHS, R. The acoustics and ventilation design tool applied retrospectively to four 19<sup>th</sup> century buildings. **Building and Environment**, vol. 42, p. 3373-3383, 2007.

GUAZZOTTI, M.; MAZZARELLA, L.; PORONI, A. Noise insulation design of walls in a building and their noise measurement cases. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey, 2007. 1 CD-ROM.

GUEIROS, S. T.; PINGUELLI, L. R.; SLAMA, J. G.; BASTO, L.; MARQUES, L. G. EcoDesign in noise control: the benefits, acoustical properties and applications of coconut fiber. In: EURONOISE 2003, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy. 2003. 1 CD-ROM.

GUILLEN, I.; URIS, A.; ESTELLES, H.; LLINARES, J.; LLOPIS, A. On the sound insulation of masonry wall façades. **Building and Environment**, vol. 43, p. 523-529, 2008.

GUY, R. W.; SAUER P. The influence of sills and reveals on sound transmission loss. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 17, p. 453-476, 1984.

HAGEN, M.; HUBER, L.; KAHLERT, J. Acoustic school design. In: FORUM ACOUSTICUM 2002, Servilla, Spain. **Anais...** Servilla, Spain, 2002. 1 CD-ROM.

HAMMAD, R. N. S.; MUSTAFA, A. A.; ABDELAZEEZ, M. K. Sound insulation of different types of shutters used in Jordan. **Applied Acoustics**, Great Britain, Vol. 42, p. 373-381, 1994.

HARRIS, C. M. **Noise control in buildings**. New York: Institute of Noise Control Engineering, 1997.

HEIMANN, D. Influence of meteorological parameters on outdoor noise propagation. In: EURONOISE 2003, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy. 2003. 1 CD-ROM.

HEIMANN, D. Meteorological aspects in modeling noise propagation outdoors. In: EURONOISE 2003, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy. 2003. 1 CD-ROM.

HENG, C. C. Sound propagation in housing estates from a passing vehicle. **Applied Acoustic**, Great Britain, vol. 48, nº 2, p. 175-183, 1996.

INGELAERE, B.; BLASCO, M.; CRISPIN, C.; VERMEIR, G. Developing a new façade sound insulation requirement for dwellings: building solutions and their cost. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL ENGINEERING – INTERNOISE 2004, Prague, Czech Republic. **Anais...** Prague, Czech Republic, 2004. 1 CD-ROM.

IRVINE, L. K.; RICHARDS, R. L. **Acoustics and noise control handbook for architects and builders**. Melborn: Krieger Publishing, 1998.

ISENSEE, S. Fighting traffic noise at the source. In: EURONOISE 2003, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy. 2003. 1 CD-ROM.

IWASE, T.; SUGIE, S.; YOSHIMURA, J.; YOSHIHISA, K. On sound propagation in light weight double leaf wall with porous material. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey, 2007. 1 CD-ROM.

JACHET, F. I. Investigation of urban forms influence on sound propagation and natural ventilation. In: EURONOISE 2003, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy, 2003. 1 CD-ROM.

JOHANSSON, C. Design and Evaluation of an Impact Noise Laboratory, **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 42, p. 75-84, 1994.

JONASSON, H.G. Sound intensity and sound reduction index. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 40, p. 281-293, 1993.

JURAN, J. M. **A qualidade desde do projeto**. São Paulo, Pioneira, 1990.

KANG, J. A method for predicting acoustic indices in long enclosures. **Applied Acoustics**, v. 51, p. 169-180, 1997.

KANG, J.; BROCKLESBY, M.W. Feasibility of applying micro-perforated absorbers in acoustic window systems. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 66, p. 669-689, 2005.

KARLSSON, J.; ROOS, A.; KARLSSON, B. Building and climate influence on the balance temperature of buildings. **Building and Environment**, vol. 38, p. 75-81, 2003.

KILLENGREEN, T.; OLAFSEN, S. The spectrum shape of outdoor and indoor road traffic noise. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey, 2007. 1 CD-ROM.

KIM, K. W.; YANG, K. S.; YU, Y. D.; LEE, K. W. High performance sound insulation wall system development using the ceramic panels. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey, 2007. 1 CD-ROM;

KIM, M.J.; KIM, H.G. Field measurements of façade sound insulation in residential Buildings with balcony windows. **Building and Environment**, vol. 42, p. 1026-1035, 2007.

KLAEBOE, R.; ENGELIEN, E.; STEINNES, M. Context sensitive noise impact mapping. **Applied Acoustics**, vol. 67, p. 620-642, 2006.

KOSTER, A. Saint-Gobain insulation acoustical comfort classes. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey, 2007. 1 CD-ROM.

KOYASU, M.; YAMASHITA, M. Scale Model Experiments on Noise Reduction by Acoustic Barrier of a Straight Line Source, **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 6, p. 233-242, 1973.

KOYASU, M.; YOSHIMURA, J.; TACHIBANA, H. Building acoustics classifications for sound insulation in Japan. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL ENGINEERING – INTERNOISE 2004, Prague, Czech Republic. **Anais...** Prague, Czech Republic, 2004. 1 CD-ROM.

KRUGER, L.E.; ZANNIN, H.T.P. Acoustic, thermal and luminous comfort in classrooms. **Building and Environment**, vol. 39, p. 1005-1063, 2004.

KUERER, R.C. Classes of acoustical comfort in housing: improved information about noise control in buildings. **Applied Acoustic**, Great Britain, vol. 52, n° 3/4, p. 197-210, 1997.

KURRA, S. Compatibility between the calculated and the measured sound insulation of composite building elements. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005. 1 CD-ROM.

KURZE, U. J.; ANDERSON, G. S. Sound Attenuation by Barriers, **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 4, p. 35-53, 1971.

LABAKI, L. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Bioclimatic and vernacular design in urban settlements of Brazil. **Building and Environment**, Great Britain, vol. 33, p. 63-77, 1998.

LANDSTROM, U. Noise exposure and adverse effects in preschool environments. In: EURONOISE 2003, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy. 2003. 1 CD-ROM.

LAWRENCE, A. **Acoustics of built environment**, Elsevier Applied Science, Londres. 1989.

LI, K. M.; LUI, W. K.; LAU, K. K.; CHAN, K. S. A simple formula for evaluating the acoustic effect of balconies in protecting dwellings against road traffic noise. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 64, p. 633-653, 2003.

LI, Y.; DELSANTE, A.; SYMONS, J. Prediction of natural ventilation in buildings with large openings. **Building and Environment**, vol. 35, p. 191-206, 2000.

LOSSO, M.; VIVEIROS, E. Sound insulation of gypsum board in practice. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005. 1 CD-ROM.

LYONS, R.; GIBBS, B.M. Investigation of an open screen acoustic performance. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 49, n° 3, p. 263-282, 1996.

MAEKAWA, Z. Noise Reduction By Screens, **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 1, p. 157-173, 1968.

MAFFEI, L.; DRAGONETTI, R.; LEMBO, P.; ROMANO, R. **A methodological approach to large scale action plan for noise control in school buildings**. In: EURONOISE 2003, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy. 2003. 1 CD-ROM.

MAKAREWICZ, R.; KOKOWSKI, P. Reflection of noise from a building's façade. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 43, p. 149-157, 1994.

MALUSKI, S.; GIBBS, B. M. The effect of construction material, contents and room geometry on the sound field in dwellings at low frequencies. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 65, p. 31-44, 2004.

MARCELO, Carla Basílio. **Sons e formas. As barreiras acústicas na atenuação do ruído na Cidade**. 2006. 1v. 225p. Dissertação (Mestrado). Universidade Presbiteriana Mackenzie – Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie.

MARSHALL, A. H. Noise control by design in the 21<sup>st</sup> century – an architectural acoustics perspective. ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 1999, Fort Lauderdale, Florida, USA. **Anais...** Fort Lauderdale, Florida, USA. 1999. 1 CD-ROM.

MASCHKE, C.; NIEMANN, H. Health effects of neighbourhood noise-induced annoyance. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005. 1 CD-ROM.

MASOERO, M. Economic aspects of noise control strategies: an overview of the situation in Italy and in Europe. In: EURONOISE 2003, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy. 2003. 1 CD-ROM.

MAY, D. N.; OSMAN, M. M. Highway Noise Barriers: New Shapes, **Journal of Sound and Vibration**, vol. 71 (1), p. 73-101, 1980.

MEZOMO, João Catarim. **Gestão da qualidade na escola: princípios básicos**. Terra – Escritório de Comunicação, São Paulo, 1994.

MICHELSEN, N. Effect of size on measurements of the sound reduction index of a window or a pane. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 16, p. 215-234, 1983.

MIEDEMA, H.M.E. Exposure-response relationships for environmental noise. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey, 2007. 1 CD-ROM.

MILLER, Carolina. **Uma abordagem energética da propagação do som em espaços internos restritos por ventilação natural**. 2006. 1v. 122p. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio de Janeiro – Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MORENO, Manuel Francisco Navarro. Qualidade ambiental nos espaços livres de áreas verticalizadas da cidade de São Paulo. 2001. 1v. 180p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo – Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo. São Paulo.

NARVRUD, S. The State-Of-The-Art on Economic Valuation of Noise (Final Report to European Commission DG Environment, 2002). Agricultural University of Norway. Disponível: <http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/020414.pdf>. Acesso em 06 de junho de 2008.

NETO, M. F. F.; BERTOLI, S. R. Desempenho de barreiras acústicas ao ar livre : comparação entre eficiência e qualidade sonora. In: XX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DA ACUSTICA – SOBRAC E II SIMPOSIO BRASILEIRO DE METROLOGIA EM ACÚSTICA E VIBRAÇÕES - SIBRAMA. Rio de Janeiro, Brasil. **Anais...** Rio de Janeiro, Brasil. 2002.

NETO, Maria de Fátima Ferreira. **Estudo de barreiras acústicas ao ar livre, sob a perspectiva de eficiência e qualidade sonora**. 2002. 1v.118p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas – Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. São Paulo.

NOVAK, R.A. Sound insulation of lightweight double walls. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 37, p. 281-303, 1992.

NURZYNSKI, J. Evaluation of acoustic performance of multifamily buildings, open building manufacturing approach. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey, 2007.1 CD-ROM.

NURZYNSKY, J. Acoustic performance of slot ventilators and their effect on the sound insulation of a window. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005. 1 CD-ROM.

OITICICA, M. L.; LAMENHA, I.; SILVA, L.B. The Interference of Intrusive External Noise and the Need for Appropriate Legislation and Decrees to Promote Acoustical Quality in Schools. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005. 1 CD-ROM.

OITICICA, M. L.; MOURA, M.B.; SILVA, L.B. Assessment of Acoustical Quality in a Public School Building – case report. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2005. 1CD-ROM.

OKAMOTO, J. **Percepção Ambiental e comportamento: Visão Holística da Percepção Ambiental na Arquitetura e Comunicação**. IPSIS Gráfica e Editôra S/A, São Paulo, 1997.

OKTAY, D. Design with the climate in housing environments: An analysis in Northern Cyprus. **Building and Environment**, vol. 37, p. 1003-1012, 2002.

OUCHI, T.; IMAI, A. Study on sound reduction index of two circular apertures in the partition: The effect of the distance between apertures. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL – INTERNOISE 2007, Istanbul, Turkey. **Anais...** Istanbul, Turkey, 2007. 1 CD-ROM.

OUCHI, T.; KOYASU, M.; OHKAWA, H. Study on the sound insulation of small openings for natural ventilation in facades. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL ENGINEERING – INTERNOISE 2002, Dearborn, MI, USA. **Anais...** Dearborn, MI, USA, 2002. 1 CD-ROM.

PAZ, Giuliana dos Santos. **Estudo da redução do “NPS” através da introdução de absorventes acústicos em ambiente com fachada exposta à poluição sonora externa**. 2003. 3v. 189p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria – Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

PEDRINI, A.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. A methodology for building energy modelling and calibration in warm climates. **Building and Environment**, vol. 37, p. 903-912, 2002.

PEIXOTO, Luciana Karla de Oliveira. **Sustentabilidade e eficiência energética das edificações: O uso da ventilação natural com estratégia de projeto em regiões de clima quente e úmido**. 2005. 1v. 119p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Alagoas – Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Alagoas.

POMPOLI, F. Acoustical optimisation of paints for porous material. In: EURONOISE 2003, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy. 2003. 1 CD-ROM.

PORADA, W. Model Measurements on Noise Screening of Line Sources by Single and Double Barriers, **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 8, p. 271-280, 1974.

QUARESMA, Felipe de Andrade. **A responsabilidade do arquiteto na produção de ambientes acusticamente saudáveis? legislação e exercício profissional**. 2004. 1v.182p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal Fluminense – Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.

RAIMBAULT, M.; LAVANDIER, C.; BÉRENGIER, M. Ambient sound assessment of urban environments: field studies in two French cities. **Applied Acoustics**, v. 64, n. 12, p. 1241-1256, 2003.

RASMUSSEN, B. Sound insulation between dwellings – Classification schemes and building regulations in Europe. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL ENGINEERING – INTERNOISE 2004, Prague, Czech Republic. **Anais...** Prague, Czech Republic, 2004. 1 CD-ROM.

RASMUSSEN, B. Sound insulation of dwellings – overview of classification schemes in Europe. In: EURONOISE 2003, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy. 2003. 1 CD-ROM.

RÉCCHIA, Cristine Ambros. **Estudo da isolamento sonora dos elementos construtivos da fachada**. 2001. 4v. 131p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria – Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul.

RIJAL, H. B.; TUOHY, P.; HUMPHREYS, M. A.; NICOL, J. F.; SAMUEL, A.; CLARKE, J. Using results from field surveys to predict the effect of open Windows on thermal comfort and energy use in building. **Energy and Buildings**, vol. 39, p. 823-836, 2007.

RILO, E.; CABEZA, O.; DAFONTE, P.; LORENZANA, T. M. Acoustic characteristics of different materials used in construction. In: FORUM ACOUSTICUM 2002, Sevilla, Spain. **Anais...** Sevilla, Spain, 2002. 1 CD-ROM.

RIO, V. D., Ed. **Arquitetura-pesquisa e projeto**. Coleção PROARQ. Rio de Janeiro. Pro Editores/ FAUFRJ, Coleção PROARQed.1998.

ROCHA, Leonardo Zanetti. **Estudo e análise da acústica de ambientes submetidos a sistema de áudio**. 2004. 1v. 88p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.

SAARINEN, A. Reduction of external noise by building facades: tolerance of standard EN 12354-3. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 63, p. 529-545, 2002.

SANTOS NETO, Nestor Alves dos. **Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**. 2006. 3v. 127p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria – Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul.

SANTOS, M. J.; SLAMA, J. Ruído no ambiente escolar: causas e conseqüências. In: II ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBEINTE CONSTRUÍDO, 1993, Florianópolis. Santa Catarina. **Anais...** Florianópolis. Santa Catarina. 1993, p. 301-306.

SCAMONI, F.; VALENTINI, F. Active noise control applied to buildings components. In: FORUM ACOUSTICUM 2002, Servilla, Spain. **Anais...** Servilla, Spain, 2002. 1 CD-ROM.

SCHERER, Mineia Johann. **Estudo do isolamento sonoro de vidros de diferentes tipos de espessuras, em vitragem simples e dupla**. 2005. 3v.148p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Maria – Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul.

SCHULTZ, T. J. Variation of the outdoor noise level and the sound attenuation of windows with elevation above the ground. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 12, p. 231-239, 1979.

SECCHI, S.; CELLAI, G. F. Field measurements of acoustic performances of building components: the Italian context. In: EURONOISE 2003, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy. 2003. 1 CD-ROM.

SHIELD, B.; DOCKRELL, J. The effects of classroom noise on children's academic attainments. In: EURONOISE 2003, Naples, Italy. **Anais...** Naples, Italy. 2003. 1 CD-ROM.

SILVA, Patrícia Figueira da. **Qualidade acústica de edificação em clima tropical – critérios de qualidade e sugestões para projetos**. 1993. 1v. 227p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro – Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SILVA, Rafael Spindler. O Conjunto Pedregulho e algumas relações compositivas. **Portal Vitruvius, Arqutextos**, n.062, Julho 2005. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/arqutextos/arg000/esp318.asp>> Acesso em: 05 fev. 2009

SIPARI, P.; SAARINEN, A. Finnish handbook for dimensioning of sound insulation of building façades. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL ENGINEERING – INTERNOISE 2004, Prague, Czech Republic. **Anais...** Prague, Czech Republic, 2004. 1 CD-ROM.

SUÁREZ, J. G.; GUITIÉRREZ, M. M.; FERNÁNDEZ, T. A.; LORENZANA, L. T.; ARRANZ, M. A. Comparative analysis of several acoustic impedance measurements. In: FORUM ACOUSTICUM 2002, Sevilla, Spain. **Anais...** Sevilla, Spain, 2002. 1 CD-ROM.

TADEU, A. J. B.; MATEUS, D. M. R. Sound transmission through single, double and triple glazing. Experimental evaluation. **Applied Acoustic**, Great Britain, vol. 62, p. 307-325, 2001.

TADEU, A.; ANTÓNIO, J.; MATEUS, D. Sound insulation provided by single and double panel walls – a comparison of analytical solutions versus experimental results. **Applied Acoustics**, v. 65, n. 1, p. 15-29, 2004.

TEIXEIRA, S. G.; ROSA, L. P. Sustainable principles applied to noise control management: a methodological approach. In: FORUM ACOUSTICUM 2002, Sevilla, Spain. **Anais...** Sevilla, Spain, 2002. 1 CD-ROM.

TERZANO, M. G.; PARRINO, L.; FIORITI, G.; OROFIAMMA, B.; DEPOORTERE, H. Modifications of sleep structure induced by increasing levels of acoustic perturbation in normal subjects. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, vol. 76, p. 29-38, 1990.

TINEM, N. Arquitetura Moderna Brasileira: a imagem como texto. **Portal Vitruvius, Arqutextos**, n.072, Maio 2006. Disponível em: >[http://www.vitruvius.com.br/arqutextos/arg072/arg072\\_02.asp](http://www.vitruvius.com.br/arqutextos/arg072/arg072_02.asp)>. Acesso em: 05 fev. 2009.

TJEERT, W. T. The Eu noise policy and its research needs. In: FORUM ACOUSTICUM 2002, Sevilla, Spain. **Anais...** Sevilla, Spain, 2002. 1 CD-ROM.

TONIOLO, Elsa Maria. **Eficiência dos sistemas de quebra sol em escola de ensino público em Porto Alegre, RS**. 2004. 2v. 194p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.

UNVER, R.; AKDAG, Y. N.; GEDIK, Z. G.; OZTURK, D. L.; KARABIBER, Z. Prediction of building envelope performance in the design stage: An application for office buildings. **Building and Environment**, vol. 39, p. 143-152, 2004.

URIS, A.; SINISTERRA, J.; BRAVO, J. M.; LLINARES, J.; ESTELLES, H. Influence of screw spacings on sound reduction index in lightweight partitions. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 63, p. 813-818, 2002.

VALLET, M.; AUDY, F.; VINCENT, B. Efficiency of a glass screen in facade of high buildings along motorways. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL ENGINEERING – INTERNOISE 2004, Prague, Czech Republic. **Anais...** Prague, Czech Republic, 2004. 1 CD-ROM.

VAN DEN BERG, M. The ultimate goal of noise control at source. In: FORUM ACOUSTICUM 2002, Sevilla, Spain. **Anais...** Sevilla, Spain, 2002. 1 CD-ROM.

---

*Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados*

VERCAMMEN, M. L. S. The design of sound insulation measures for dwellings around Amsterdam Airport Schiphol. In: ENVIRONMENTAL NOISE CONTROL ENGINEERING – INTERNOISE 2004, Prague, Czech Republic. **Anais...** Prague, Czech Republic, 2004. 1 CD-ROM.

VIEGAS, Mônica Nazaré Carvalho. **Arquitetura e acústica bioclimática: métodos de controle de ruído urbano para edificações em clima quente umido**. 2004. 1v. 203p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro – Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

WACKERNAGEL, M.; ONISTO, L.; LINARES, A. C.; FALFAN, I. S. L.; GARCIA, J. M.; GUERRERO, A. I. S.; GUERRERO, M. G. S. **National Natural Capital Accounting with the Ecological Footprint Concept, Ecological Economics**, vol 29, pp375-390,1999. apud FIELD, C. D.; DIGERNESS, J. Acoustical design for naturally ventilated buiding. In: ACOUSTICS'08, Paris, France. **Anais...**Paris, France, 2008. 1CD-ROM.

WATTS, G. R.; HOTHERSALL, D. C.; HOROSHENKOV, K. V. Measured and predicted acoustic performance of vertically louvred noise barriers. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 62, p. 1287-1311, 2001.

WEST, M.; WALKDEN, F.; SACK, R.A. The acoustic shadow produced by wind speed and temperature gradients close to the ground. **Applied Acoustics**, Great Britain, vol. 27, p. 239-260, 1989.

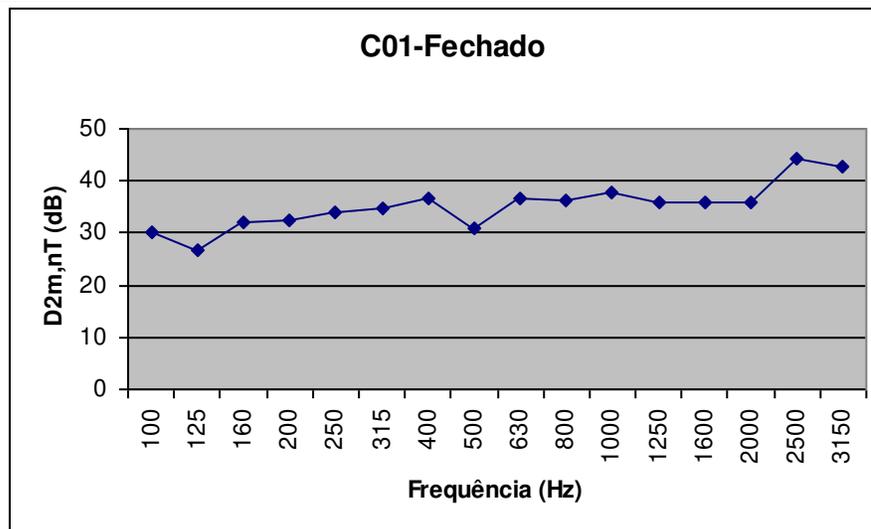
WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), Guidelines for comunity noise .Disponivem em: <[www.who.int/pet/](http://www.who.int/pet/)> Acesso em 04 de Janeiro de 2002.

ZANNIN, P. H. T.; CALIXTO, A.; DINIZ, F. B.; FERREIRA, J. A.; SCHUHLLI, R. B. Incômodo causado pelo ruído urbano à população de Curitiba, PR., **Revista Saúde Pública**, vol. 36(4), p. 521-524, 2002.

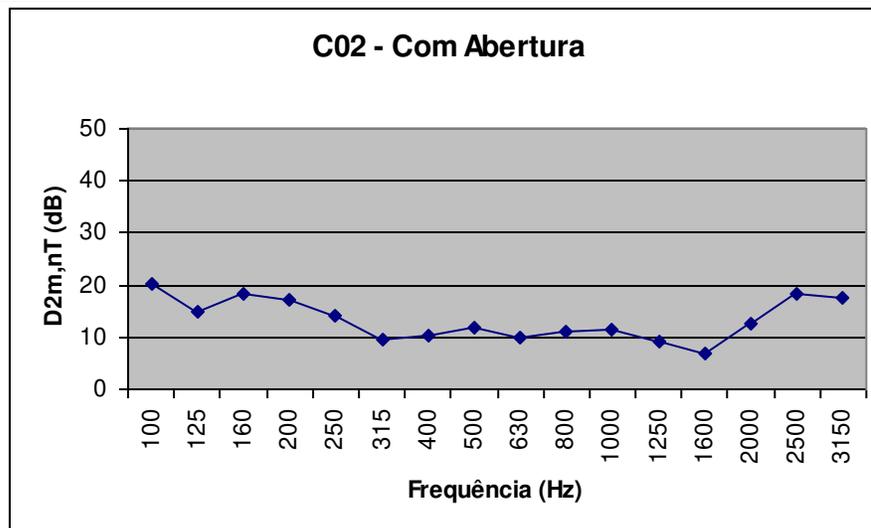
**ANEXO A**

Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) das tipologias aplicadas na FASE APLICATIVA, etapa “Comparação”.

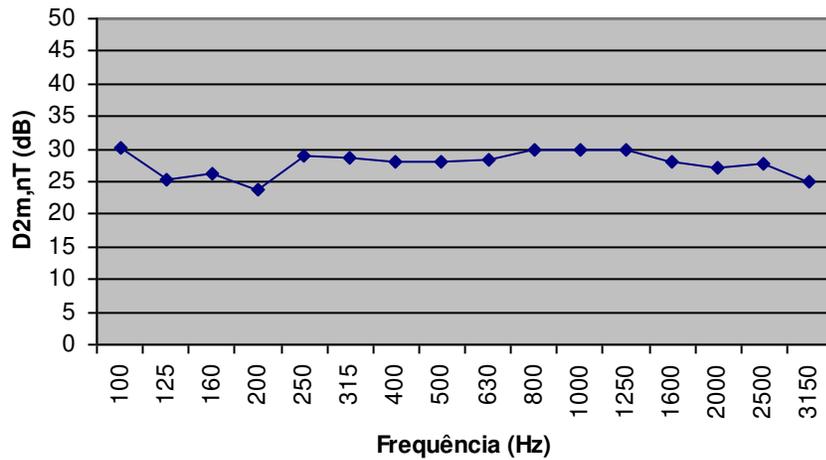
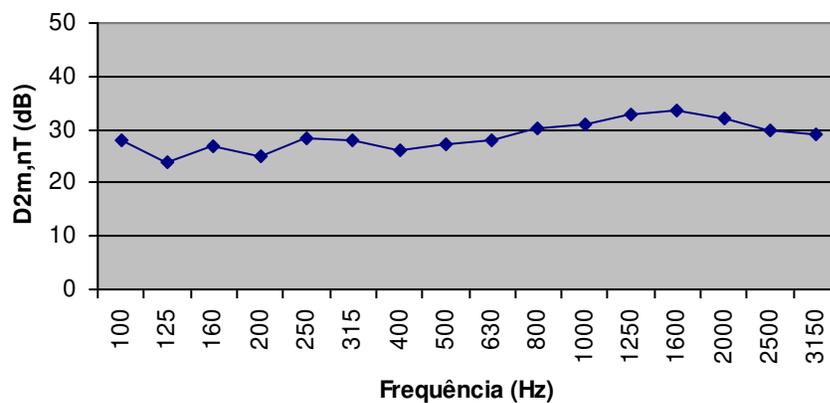
**C01**  
**Fechado com alvenaria**

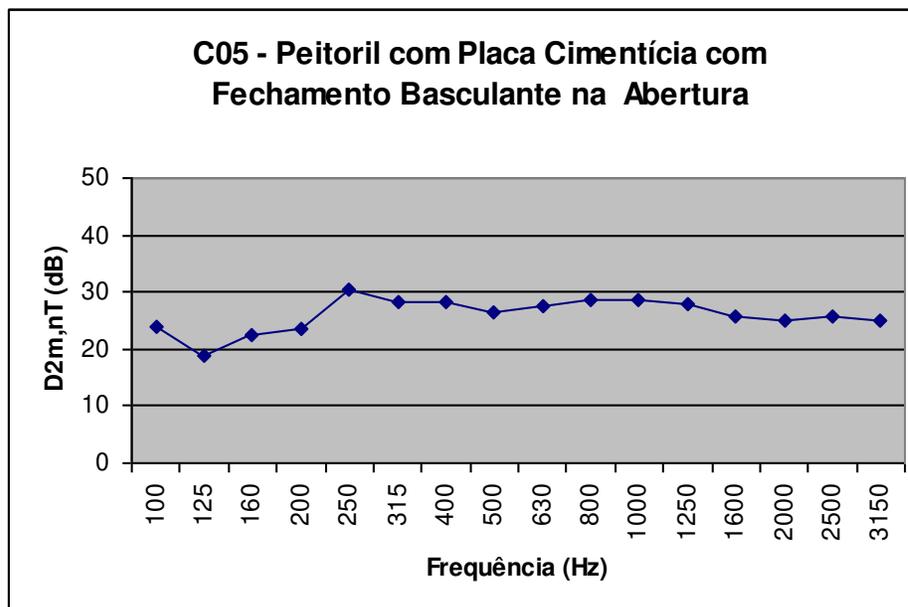
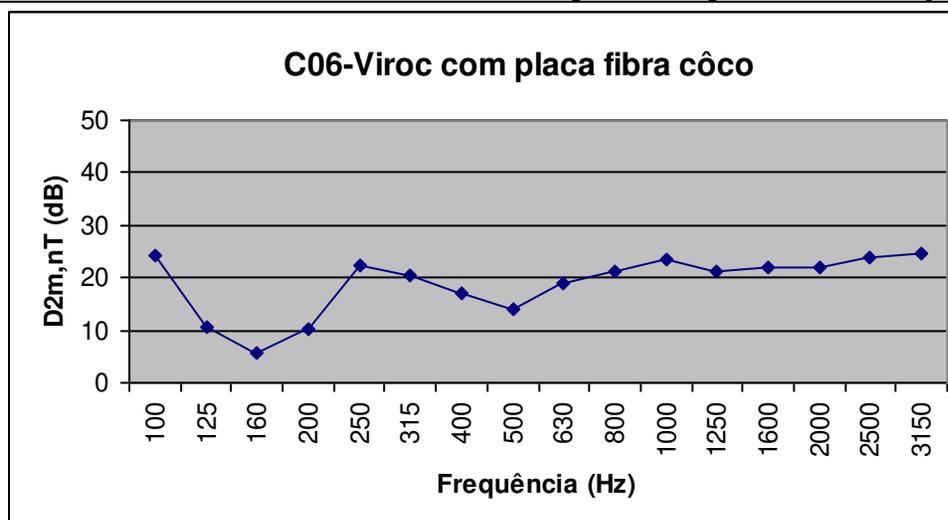


**C02**  
**Com abertura (1190mm x 200mm)**



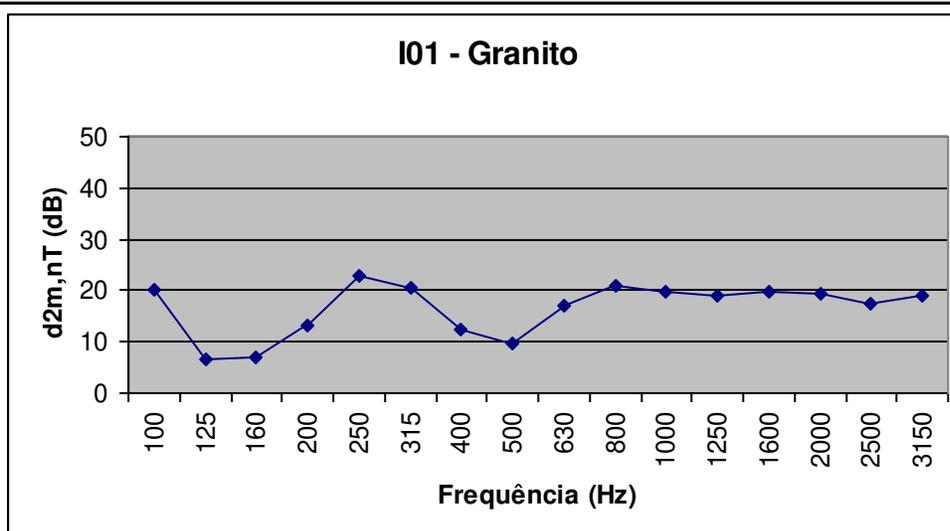
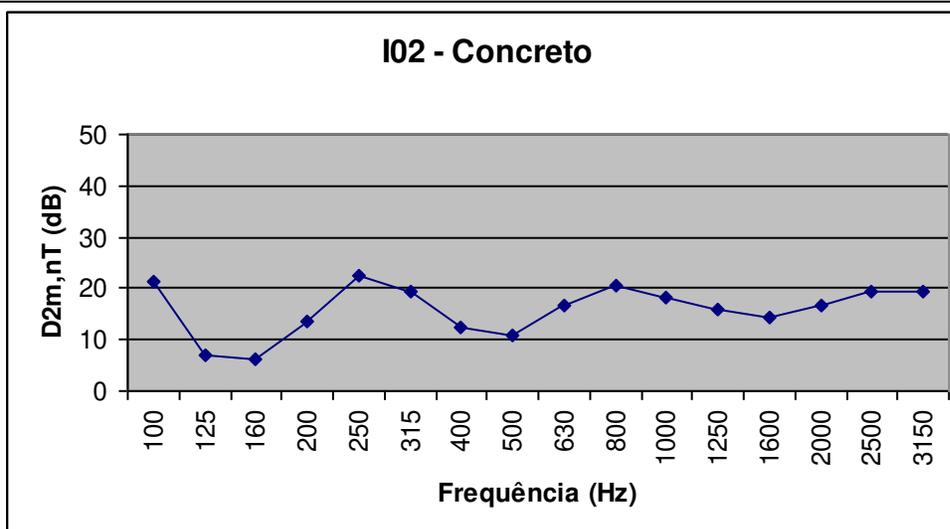
## Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados

**C03  
Vidro Duplo****C03 - Vidro Duplo (6/8/6mm)****C04  
Vidro Simples****C04 - Vidro Simples (6mm)**

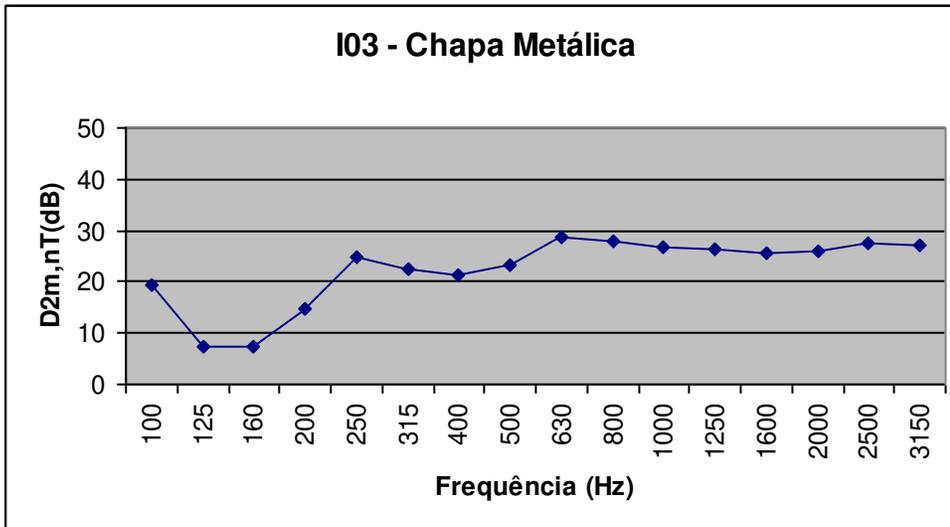
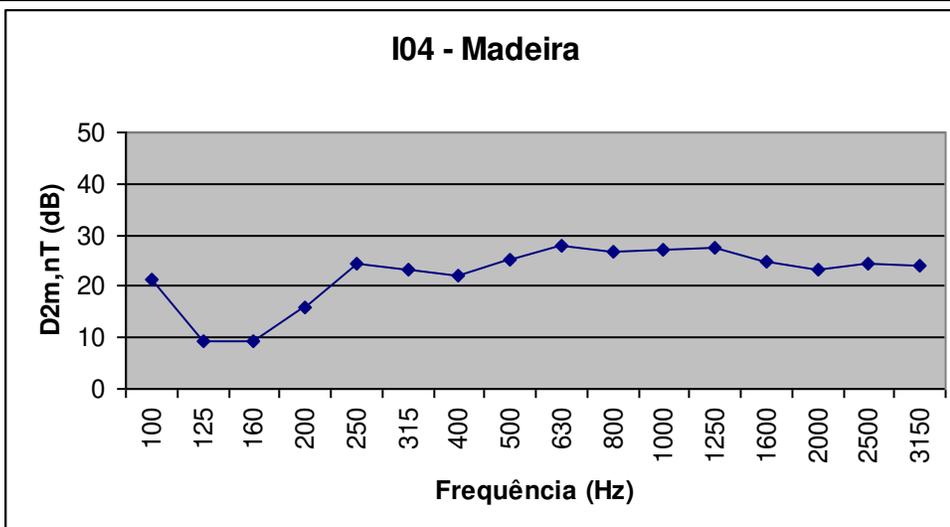
**C05****Peitoril com Placa Cimentícia com Fechamento Basculante na Abertura****C06****Peitoril com Placa Viroc com fibra de Coco aplicado na parede da edificação**

**ANEXO B**

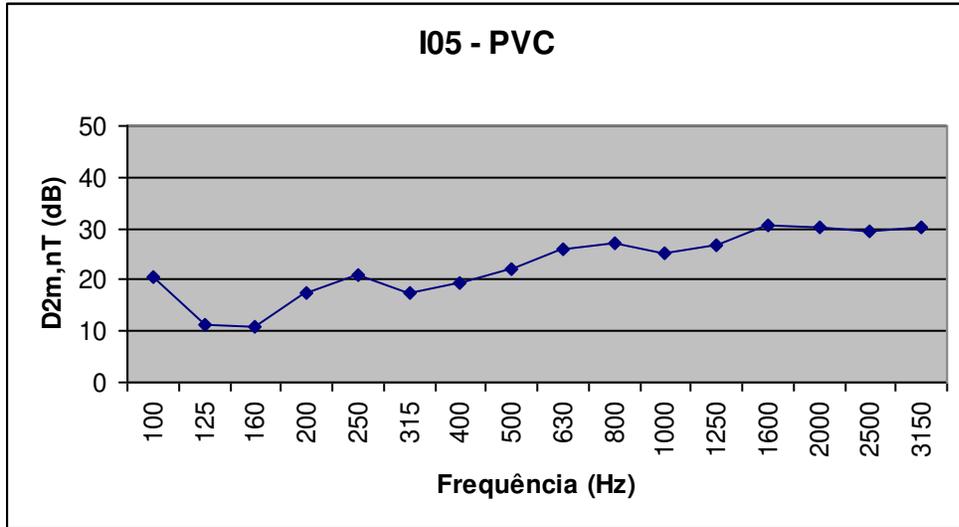
Diferença Padronizada de Nível (D2m,nT) das tipologias aplicadas na FASE APLICATIVA, etapa “Investigação”.

**I01  
Granito****I02  
Concreto**

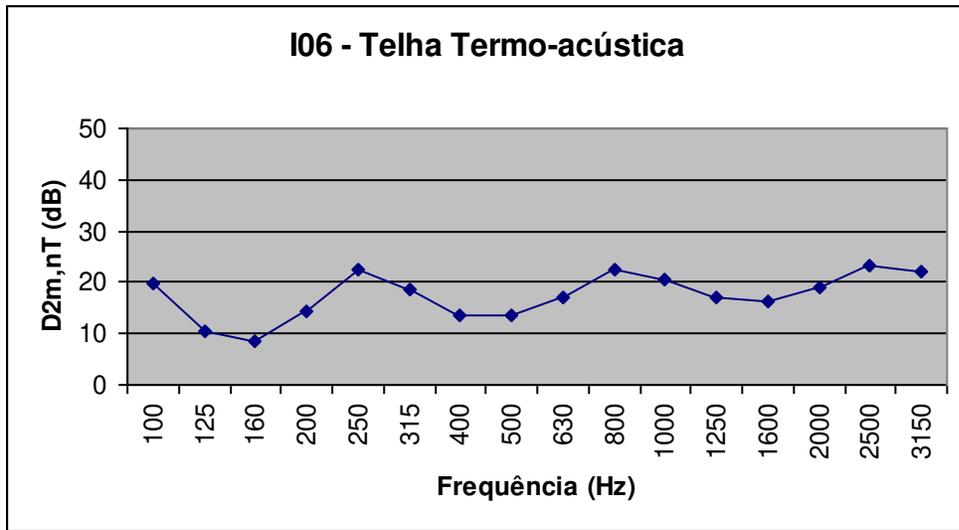
## Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados

**I03**  
**Chapa Metálica****I04**  
**Madeira**

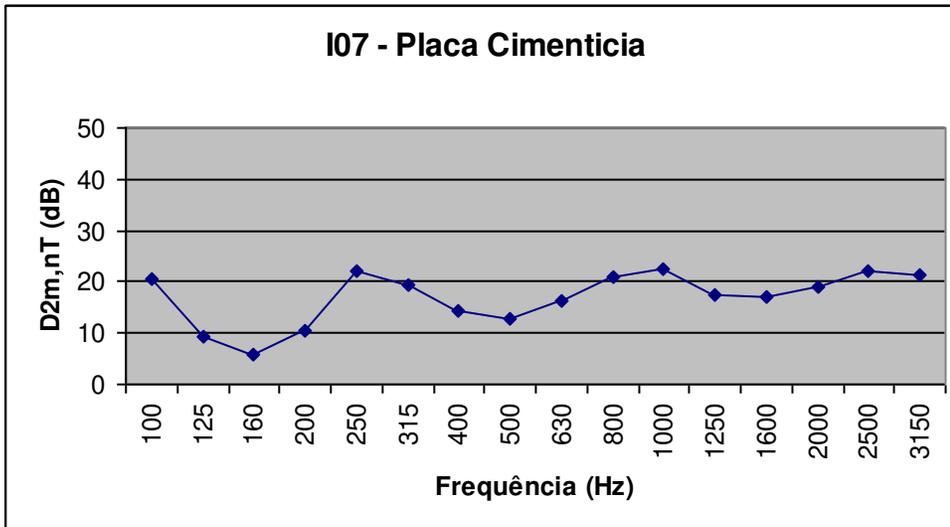
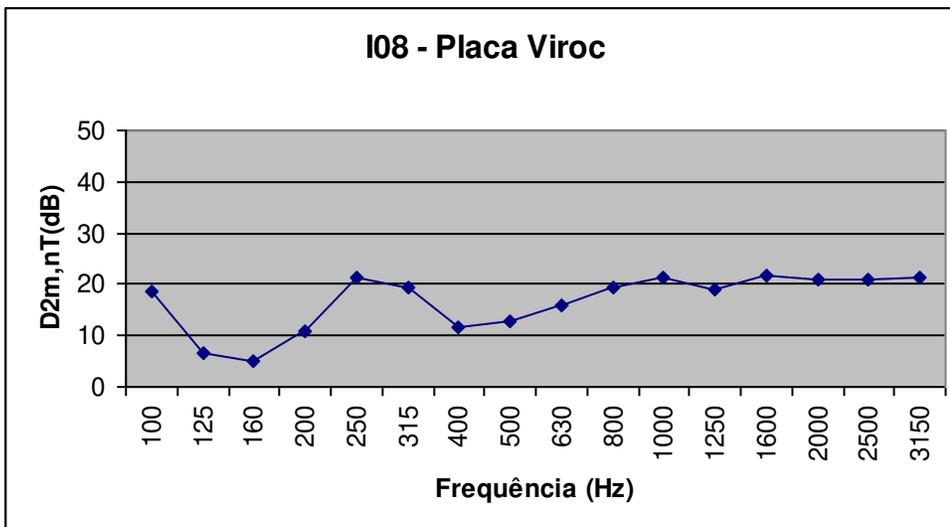
**I05  
PVC**



**I06  
Telha Termo-acústica**



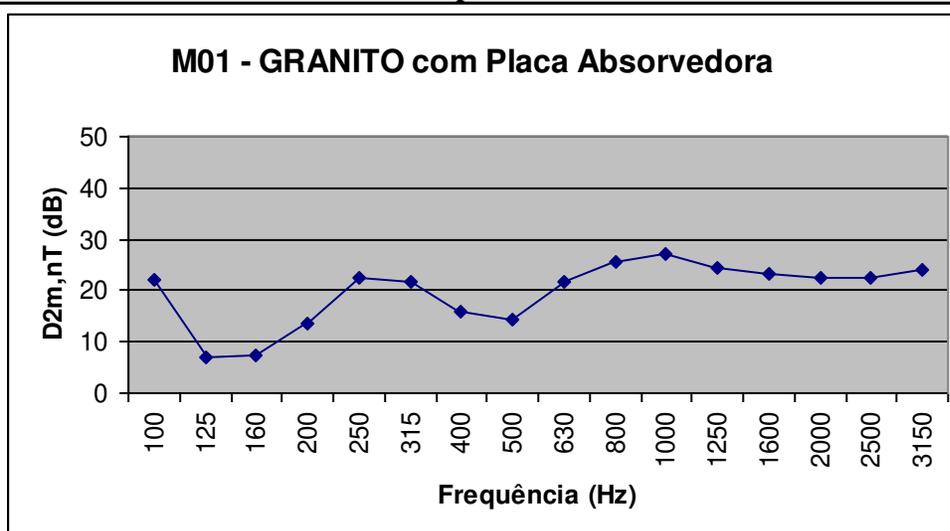
## Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados

**I07**  
**Placa Cimentícia****I08**  
**Placa Viroc**

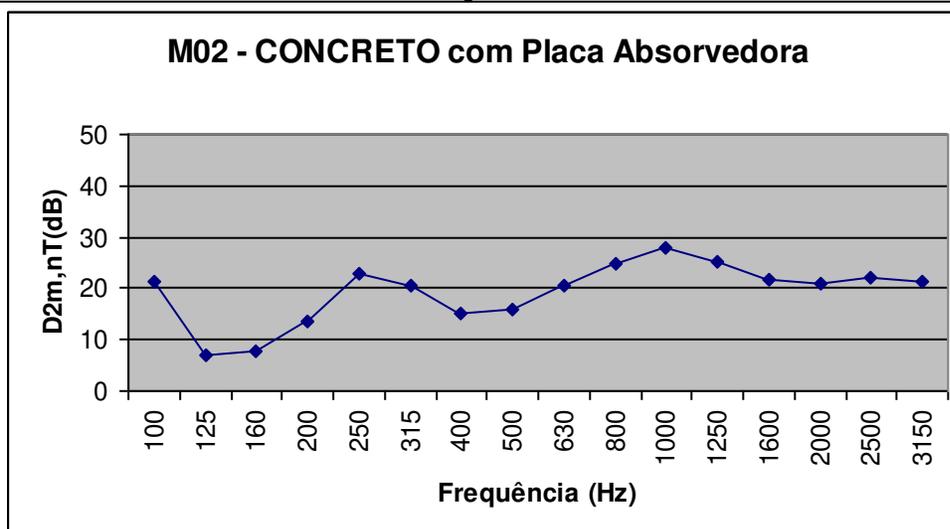
## ANEXO C

Diferença Padronizada de Nível ( $D_{2m,nT}$ ) das tipologias aplicadas na FASE APLICATIVA, etapa “Melhoramento”.

**M01**  
Granito com placa absorvedora



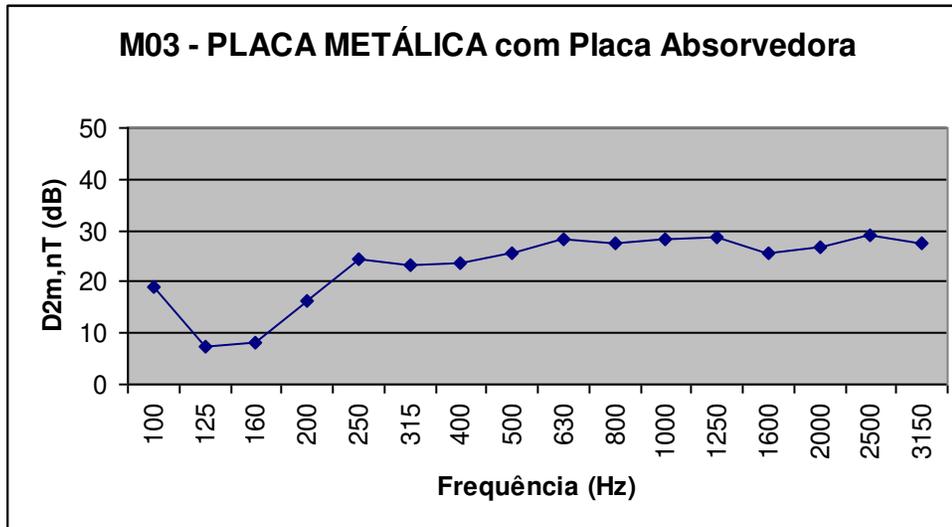
**M02**  
Concreto com placa absorvedora



## Desempenho acústico de diferentes tipologias de peitoris ventilados

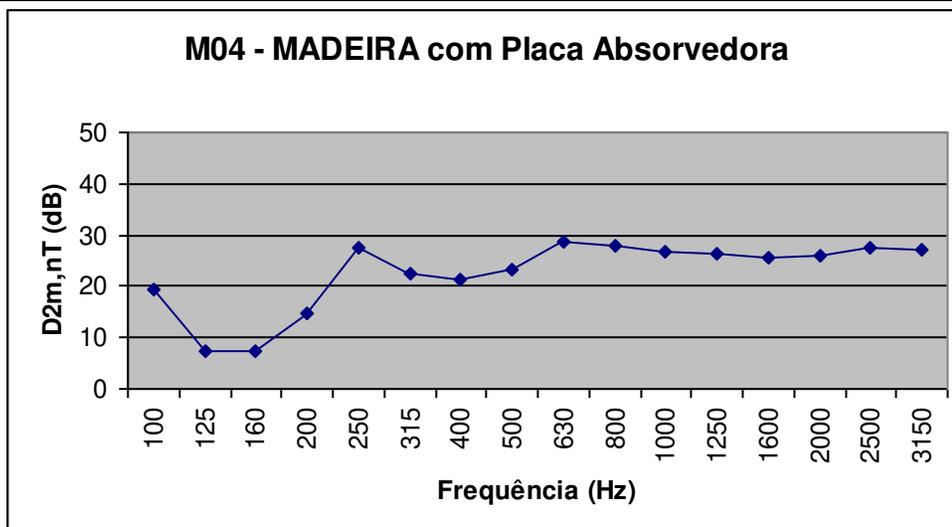
## M03

## Chapa Metálica com placa absorvedora

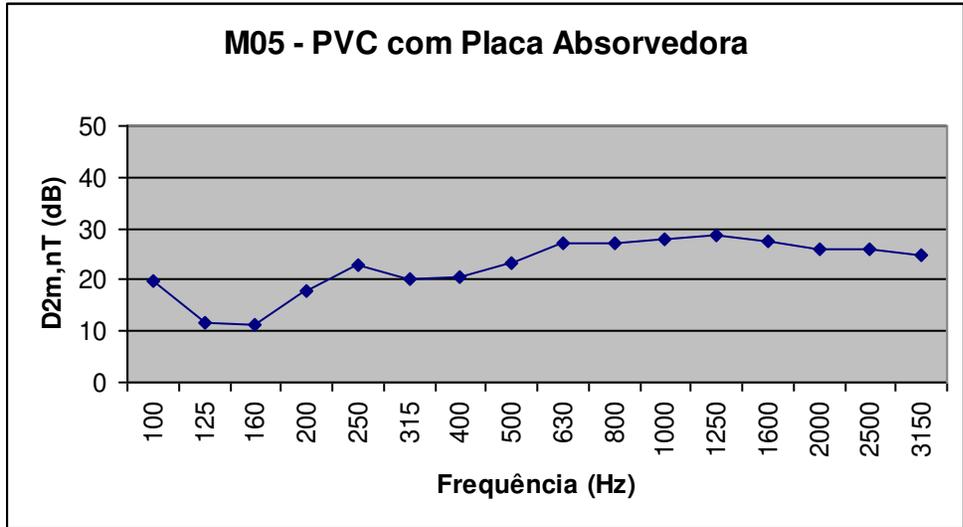


## M04

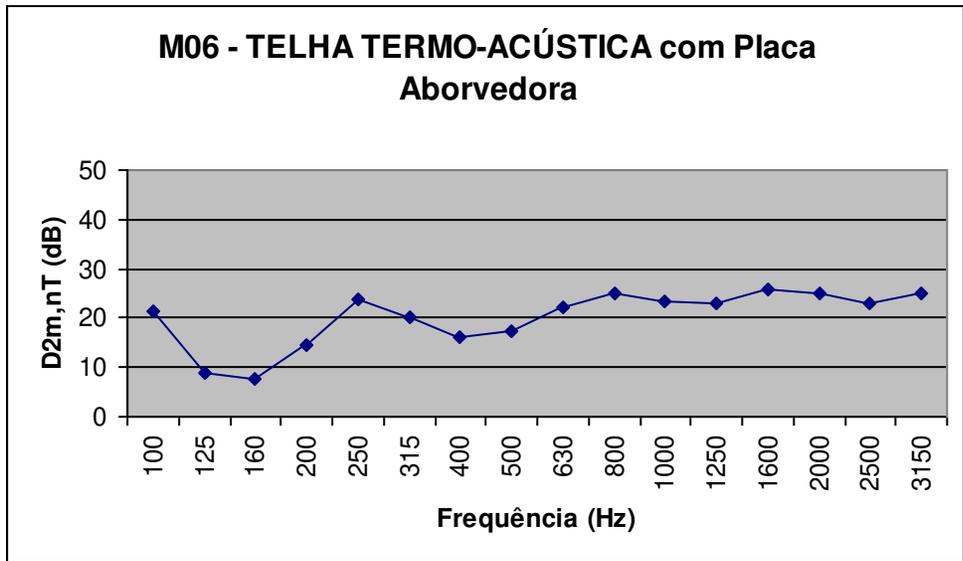
## Madeira com placa absorvedora



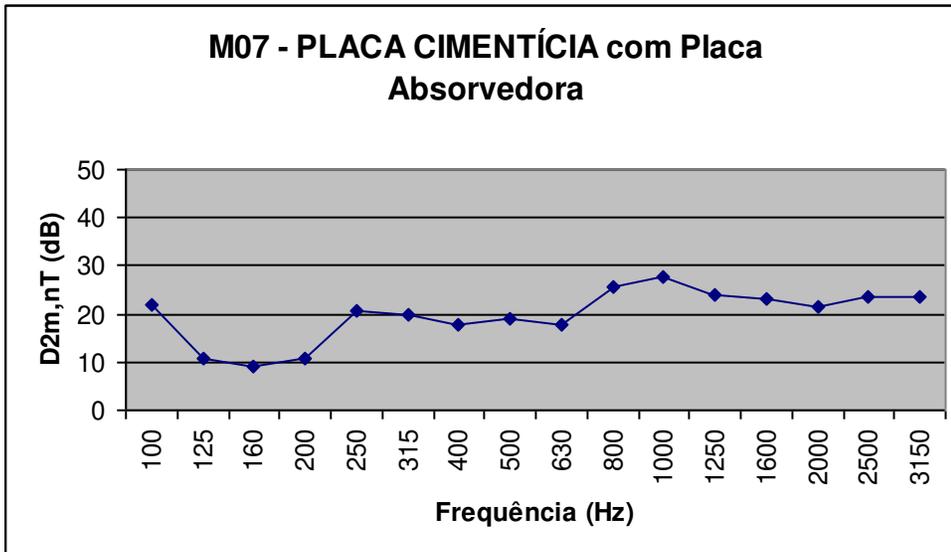
**M05**  
**PVC com placa absorvedora**



**M06**  
**Telha Termo-acústica com placa absorvedora**



**M07**  
**Placa Cimentícia com placa absorvedora**



**M08**  
**Placa Viroc com placa absorvedora**

