UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

SANDRA RACHEL MOSCATI

**Desempenho acústico de templos e igrejas:
subsídios à normalização**

São Paulo

2013

SANDRA RACHEL MOSCATI

**Desempenho acústico de templos e igrejas:
subsídios à normalização**

Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para a Obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura

Orientador: Prof. Dr. João Gualberto de Azevedo Baring

São Paulo

2013

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

E-MAIL AUTORA: SMOSCATI@UOL.COM.BR

EXEMPLAR REVISADO E ALTERADO EM RELAÇÃO À VERSÃO ORIGINAL, SOB RESPONSABILIDADE DO AUTOR E ANUÊNCIA DO ORIENTADOR.

O original se encontra disponível na sede do programa.

São Paulo 29 de maio de 2013.

Moscati, Sandra Rachel
M894d Desempenho acústico de templos e igrejas: subsídios à
normalização / Sandra Rachel Moscati. --São Paulo, 2013.
153 p. : il.

Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Tecnologia da
Arquitetura) – FAUUSP.

Orientador: João Gualberto de Azevedo Baring

1.Acústica arquitetônica (Desempenho) 2.Igrejas 3.Templos
I.Título

CDU 534.84

FOLHA DE APROVAÇÃO

Sandra Rachel Moscati

“Desempenho acústico de templos e igrejas: subsídios à normalização”

Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo para a Obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura

Aprovado em: / /

Banca examinadora

Prof. Dr. **João Gualberto de Azevedo Baring**

Instituição: **Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP**

Assinatura

Prof.(a) Dr.(a)

Instituição:

Assinatura

Prof.(a) Dr.(a)

Instituição:

Assinatura

DEDICATÓRIA

PARA MEUS PAIS

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. João Gualberto de Azevedo Baring pela dedicação, atenção e ajuda, sem o qual não seria possível desenvolver este trabalho.

Ao Prof. Dr. Sylvio Bistafa meu primeiro orientador pela ajuda e ensinamentos em acústica.

À Profa. Dra. Claudia Terezinha de Andrade Oliveira pelo apoio, dedicação compreensão e ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Lineu Passeri pelas valiosas oportunidades de aprendizado e amizade.

Aos funcionários e professores do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do LABAUT pela contribuição e colaboração para a minha formação.

Aos funcionários da Biblioteca da FAU pela grande cooperação.

Ao Prof. Dr. Fernando Iazzetta pela colaboração e disponibilidade.

Ao Mestre Pedro Paulo Kholer pela atenção e colaboração.

Ao fisioterapeuta Roberto Dias Batista Pereira pela incansável colaboração e apoio.

Ao Arquiteto Carlos Bratke, que generosamente me presenteou com sua entrevista e livro sobre a Igreja de São Pedro e São Paulo.

Aos padres e aos funcionários das Igrejas São Pedro e São Paulo, e de São Domingos, pela inestimável colaboração prestada para que este trabalho se concretizasse.

Ao pastor e aos membros da Igreja Adventista do Sétimo Dia de VI. Maria, pela inestimável colaboração prestada para que este trabalho se concretizasse.

Aos Meus pais por todo apoio, dedicação, e por suportar pacientemente as minhas grandes ausências neste período.

Aos meus sobrinhos.

Aos meus irmãos, José, Maria Célia, Ney e Marley, companheiros de vida sempre presentes apesar de nossa grande distância física nestes últimos anos.

Aos meus amigos.

E a todos aqueles que contribuíram para realização desta pesquisa.

Com gratidão

RESUMO

MOSCATI, S.R. **Desempenho acústico de templos e igrejas: subsídios à normalização.** 2013. 153 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

Este trabalho aborda a problemática da acústica de igrejas construídas a partir da segunda metade do século XX por meio da revisão bibliográfica e do estudo de caso de três igrejas na cidade de São Paulo. O objetivo da pesquisa é estudar o desempenho dos espaços sonoros internos e externos de três templos, escolhidos como amostras, com base na normalização brasileira vigente. Avaliaram-se por meio de medições acústicas o tempo de reverberação nas naves, o nível de ruído ambiente em frente às igrejas, o nível de ruído ambiente interno nas naves das igrejas, bem como o nível sonoro nas naves e em frente às igrejas durante os cultos religiosos. Com isso procurou-se realizar o levantamento dos problemas enfrentados pelas igrejas em relação à qualidade acústica nas naves e as possíveis interferências que causam à comunidade vizinha, quanto aos níveis sonoros emitidos. O equipamento de medição utilizado foi um analisador profissional de áudio. A arquitetura das igrejas e sua localização e implantação na cidade são determinantes para a qualidade acústica das naves e os níveis sonoros emitidos no entorno. A pesquisa revelou que o nível de ruído ambiente em frente às igrejas interfere na relação sinal/ruído nas naves e que a interferência do nível sonoro emitido no ambiente externo pelas igrejas durante o seu funcionamento depende da localização, condições de uso e sobretudo de suas condições arquitetônicas. Estas condições, quando mal resolvidas, decorrem de projetos em que os requisitos acústicos não foram observados ou deixados de lado durante a execução da obra.

Palavras-chave: Acústica arquitetônica (Desempenho), Igrejas, Templos.

ABSTRACT

MOSCATI, S. R. **Acoustic performance of temples and churches: subsidies for the normalization.** 2013. 153 p. Dissertation (Master's Degree) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

This paper discusses the acoustic of churches built from the second half on of the twentieth century based on literature survey and the specific case study of three churches in the city of São Paulo. The objective of this research is to study the performance of internal and external sound in three temples, chosen as samples, based on the Brazilian standards in force. Measurements of the acoustic reverberation time in the aisle, the internal and external noise level of the environment, as well as in front of the churches during religious services were performed. Therefore, the survey of the problems faced by the churches regarding the acoustic quality in the aisles and possible interferences that it may cause to the surrounding community were evaluated. The measuring equipment used was a professional audio analyzer. The architecture of the churches, their implementation and location in the city are crucial to the acoustic quality of the aisles and sound levels emitted to the environment. The research revealed that the ambient noise level in front of the churches interferes in the signal / noise in aisles and the interference of sound emitted by the churches in the external environment during operation depends on the location, conditions of use and mainly its architectural conditions. These conditions, if poorly solved, result from projects in which the acoustic requirements were not observed or left out during the execution of the building.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Tempos ótimos de reverberação para igrejas e sinagogas em função do volume das edificações. Faixa intermediária recomendada para igrejas protestantes e sinagogas, e faixa superior para igrejas Católicas Romanas, adaptado de KNUDSEN, 1949, conversão das unidades cu ft para m ³	28
Gráfico 2 – Tempos ótimos de reverberação de salas em função do volume (segundos).....	29
Gráfico 3 – Resultado de L_{ra} e L_{ri} da Paróquia São Pedro e São Paulo por banda de frequência.....	96
Gráfico 4 – Resultado de L_{ra} e L_c da Paróquia São Pedro e São Paulo por banda de frequência.....	97
Gráfico 5 – Resultado de L_{Aeqi} e L_{ri} da igreja São Pedro e São Paulo por banda de frequência.....	98
Gráfico 6 – Resultado de L_{ra} e L_{ri} da Igreja de São Domingos por banda de frequência	99
Gráfico 7 – Resultado de L_{ra} e L_c da Igreja de São Domingos por banda de frequência	100
Gráfico 8 – Resultado de L_{Aeqi} e L_{ri} da Igreja de São Domingos por banda de frequência	101
Gráfico 9 – Resultado de L_{ra} e L_{ri} da Igreja Adventista do Sétimo Dia por banda de frequência.....	102
Gráfico 10 – Resultado de L_{ra} e L_c da Igreja Adventista do Sétimo Dia por banda de frequência.....	103
Gráfico 11 – Resultado de L_{Aeqi} e L_{ri} da Igreja Adventista do Sétimo Dia por banda de frequência.....	104
Gráfico 12 – Resultado de L_{ra} das igrejas por banda de frequência	105
Gráfico 13 – Resultado de L_{Aeqi} das igrejas por banda de frequência.....	106
Gráfico 14 – Nível de ruído ambiente interno medido nas naves das igrejas.....	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Teatro Epidaurus século IV a.C., Grécia	5
Figura 2 – Plateia do Teatro Epidaurus século IV a.C., Grécia	6
Figura 3 – Planta esquemática da Basílica de São Pedro	8
Figura 4 – Igreja de Santa Sofia em Istambul, construída entre os anos de 532 a 537	9
Figura 5 – Detalhe da Basílica de Santo Apolinário em Classe, Ravena	9
Figura 6 – Basílica de Santo Apolinário Novo, Ravena	10
Figura 7 – Detalhe da Basílica de Santo Apolinário Novo, Ravena	10
Figura 8 – Vista interna Domus Catedral de São Marcos	11
Figura 9 – Catedral Notre Dame: corte esquemático	12
Figura 10 – Catedral Notre Dame: projeção dos arcos internos em planta	13
Figura 11 – Altar Papal: baldaquino da Basílica de São Pedro em Roma, de Bernini, construído entre 1624 e 1633	15
Figura 12 – Detalhe do Altar Papal	15
Figura 13 – Igreja de Santo Inácio em Roma, “A glorificação de Santo Inácio”	15
Figura 14 – Igreja Herz Jesu: fachadas em vidro	16
Figura 15 – Painéis móveis e modulares revestidos em madeira	16
Figura 16 – Interior da igreja Herz Jesu	17
Figura 17 – Primeira igreja construída no Brasil: 1526, em Porto Seguro, Bahia	18
Figura 18 – Igreja São Francisco de Assis em Ouro Preto, de Aleijadinho	19
Figura 19 – Púlpito no altar, Catedral da Sé, São Paulo, SP	20
Figura 20 – Interior da Igreja São Francisco de Assis de Niemeyer em Belo Horizonte, Minas Gerais: predomínio de superfícies lisas com poucas irregularidades	21
Figura 21 – Ilustração da Nave e Transepto da Igreja de Jesus, Roma	22
Figura 22 – Resposta impulsiva típica em ponto em determinada sala	23

Figura 23 - Tempo de reverberação: diagrama de decaimento.....	26
Figura 24 – Disposição de colunas de alto-falantes em igrejas.....	38
Figura 25 – Implantação da megaigreja da Santíssima Trindade, Fátima	40
Figura 26 – Cobertura da megaigreja da Santíssima Trindade, Fátima	41
Figura 27 – Planta da megaigreja da Santíssima Trindade.....	41
Figura 28 – Recursos utilizados para a acústica da igreja	43
Figura 29 – Difusor acústico colocado na igreja.....	43
Figura 30 – Interior da Igreja Saint Paulus - Antuérpia, Bélgica.....	45
Figura 31 – Vista da Igreja Saint Paulus - Antuérpia, Bélgica	45
Figura 32 – Foto ilustrativa do posicionamento do equipamento sobre tripé	47
Figura 33 – Curvas de avaliação de ruído NC.....	51
Figura 34 – Em “A” localiza-se a Igreja São Pedro e São Paulo	60
Figura 35 – Uso e ocupação do solo: zoneamento	60
Figura 36 – Bancos de madeira desenvolvidos pelo Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo.....	61
Figura 37 – Entrada da igreja São Pedro e São Paulo: à esquerda, painel em cerâmica. Anunciação à Virgem, do artista Fulvio Penacchi.....	62
Figura 38 – Painel em cerâmica Anunciação à Virgem, do artista Fulvio Penacchi	62
Figura 39 – Croquis da igreja São Pedro e São Paulo, por Carlos Bratke	63
Figura 40 – Nave Igreja São Pedro e São Paulo.....	64
Figura 41 – Igreja São Pedro e São Paulo: Acesso lateral à nave.....	64
Figura 42 – Igreja São Pedro e São Paulo: entrada principal à direita e nave à esquerda	65
Figura 43 – Implantação.....	65
Figura 44 – Planta baixa da igreja.....	66
Figura 45 – Ressonador de cavidade ou de Helmholtz.....	67

Figura 46 – Caixa acústica, indicada na cor vermelha	67
Figura 47 – Estudo geométrico dos raios sonoros na nave baseados na planta da igreja	68
Figura 48 – Estudo geométrico dos raios sonoros na nave baseados na planta da igreja (lateral direita).....	69
Figura 49 – Estudo geométrico dos raios sonoros na nave baseados na planta da igreja (lateral esquerda)	69
Figura 50 – Detalhe furos nas paredes laterais.....	70
Figura 51 – Detalhe Distância entre furos: 15 cm	70
Figura 52 – Distância entre furos: 30 cm.....	70
Figura 53 – Distância entre furos: 30 cm.....	70
Figura 54 – Em “A” localiza-se a Igreja São Domingos, e em “B” localiza-se a rua Cardoso de Almeida; em verde.....	71
Figura 55 – Uso e ocupação do solo, subprefeitura Lapa	71
Figura 56 – Torre lateral à Igreja de São Domingos: vazados com desenho da cruz no topo.....	72
Figura 57 – Igreja de São Domingos: fachada	73
Figura 58 – Igreja de São Domingos: vista interna da entrada.....	74
Figura 59 – Igreja de São Domingos: vista interna do altar.....	74
Figura 60 – Igreja de São Domingos: planta baixa.....	75
Figura 61 – Igreja de São Domingos: cortes longitudinal e transversal.....	75
Figura 62 – Igreja de São Domingos: revestimento acústico nas paredes laterais e do fundo da igreja	76
Figura 63 – Localização da IASD de Vila Maria: foto aérea	77
Figura 64 – Uso e ocupação do solo: zoneamento	78
Figura 65 – Fachada da IASD de Vila Maria e entorno	78
Figura 66 – Entorno IASD de Vila Maria	79
Figura 67 – IASD de Vila Maria vista interna: forro em gesso acartonado, caixilhos cobertos com cortinas drapeadas.....	80

Figura 68 – IASD de Vila Maria: vista externa dos caixilhos da nave.....	80
Figura 69 – Imagem da nave da igreja: revestimento e desníveis dos pisos	80
Figura 70 – Planta da nave da IASD de Vila Maria	81
Figura 71 – Corte longitudinal da nave da IASD de Vila Maria.....	82
Figura 72 – Corte transversal da nave da IASD de Vila Maria	82
Figura 73 – Nave: vista do forro	83
Figura 74 – Analisador de áudio Phonic Professional Audio Analyzer – PAA6 (esquerda). Visor do instrumento de medição ao término da medição do nível de ruído (direita).	85
Figura 75 – Tripé Fancier aluminum – Ft365.....	85
Figura 76 – Bexigas de látex redondas $\Phi 0,28$ m	85
Figura 77 – Anotação dos resultados durante as medições.....	86
Figura 78 – Medição do L_{ra} e do Tempo de reverberação com a igreja desocupada.....	87
Figura 79 – Medição do L_{ra} externo à igreja (esquerda); entrada no Túnel próximo à entrada da igreja voltada à Avenida Eng. Oscar Americano (direita).	89
Figura 80 – Pontos de medição do RT_{60} e L_{ri} na Igreja São Pedro e São Paulo	89
Figura 81 – Medição externa (esquerda); perspectiva da Rua Caiubi (direita).....	90
Figura 82 – Medição externa durante música litúrgica: Porta de acesso na rua Caiubi, Perdizes	91
Figura 83 – Igreja de São Domingos: vista interna lado esquerdo da nave e coral ao fundo.....	91
Figura 84 – Pontos de medição do RT_{60} e L_{ri} na Igreja São Domingos.....	92
Figura 85 – Medição externa (esquerda) (Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal). Perspectiva da Rua Amambai (direita)	92
Figura 86 – Pontos de medição do RT_{60} e L_{ri} na IASD.....	93
Figura 87 – Medição do nível sonoro (L_{Aeqi}) com a igreja em funcionamento, com coral e banda musical localizados no altar	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)	50
Tabela 2 – Valores dB(A) e NC	52
Tabela 3 – Comparativo entre os L_{ri} , L_{ra} , L_{Aeqi} e L_c referentes às três igrejas e suas características	108
Tabela 4 – Tempos de reverberação medidos nas naves das três igrejas	111
Tabela 5 – Características das naves e adequação do Tempo de reverberação RT_{60} das três igrejas.....	112

LISTA DE SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

AMN: Associação Mercosul de Normalização

COPANT: Comissão Panamericana de Normas Técnicas

CONDEPHAAT: Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico,
Artístico e Turístico

EPA: Environmental Protection Agency

IASD: Igreja Adventista do Sétimo Dia

IEC: International Electrotechnical Commission

INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

IPT: Instituto de Pesquisas Tecnológicas

ISO: International Organization for Standardization

NBR: Norma Brasileira

OMS: Organização Mundial da Saúde

PAA 6: Professional Audio Analyzer

PSIU: Programa de Silêncio Urbano

PMSP: Prefeitura do Município de São Paulo

SEMAB: Secretaria Municipal de Abastecimento

SEMPA: Secretaria do Planejamento Urbano

ZER: Zona Exclusivamente Residencial

ZM: Zona Mista

ZPI: Zona Predominantemente Industrial

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTO	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE GRÁFICOS	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE SIGLAS.....	xi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO	1
1.2 JUSTIFICATIVA	1
1.3 ESTRUTURAS DA DISSERTAÇÃO	3
2 ACÚSTICA EM PROJETOS DE IGREJAS	5
2.1 GRÉCIA E ROMA ANTIGAS: TEATRO AO AR LIVRE	5
2.2 IGREJAS.....	7
2.2.1 Antecedentes históricos: Templo e sinagoga	7
2.2.2 Igrejas na Idade Média	8
2.2.3 Igrejas no Brasil	17
2.3 ASPECTOS DETERMINANTES DA QUALIDADE SONORA DE IGREJAS	21
2.3.1 Importância da inteligibilidade da fala	22
2.3.2 Tempo de Reverberação	24
2.3.3 Objetividade e Subjetividade	30
2.3.4 Reflexão, Difusão e Difração Sonora	34
2.3.5 Geometria das Superfícies	36
2.3.6 Sonorização	37
2.4 PARÂMETROS ACÚSTICOS UTILIZADOS NA PESQUISA	38
2.4.1 Nível Sonoro	38
2.4.2 Tempo de Reverberação	40
2.5 EXEMPLOS DE IGREJAS ESTUDADAS NA EUROPA	40

2.5.1 Portugal: Megaigreja da Santíssima Trindade – Fátima	40
2.5.2 Igreja católica Saint Paulus - Antuérpia, Bélgica	44
 3 NORMALIZAÇÃO E LEGISLAÇÃO	47
3.1 NORMAS BRASILEIRAS – ABNT	47
3.1.1 NBR10151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento.....	47
3.1.2 NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico	50
3.1.3 Norma NBR 12179 - Tratamento acústico em recintos fechados	53
3.1.4 Norma NBR 15575 – Edificações Habitacionais de até 5 pavimentos – Desempenho.....	53
3.2 NORMA INTERNACIONAL	54
3.2.1 Organização Mundial de Saúde OMS	54
3.2.2 Norma ISO 3382:1997 – Acoustic - Measurement of the reverberation time of a room with reference to other acoustical parameters.....	55
3.3 LEGISLAÇÃO	55
3.3.1 Resolução CONAMA nº 1/1990.....	56
3.3.2 Resolução CONAMA nº 2/1990.....	56
3.3.3 Lei nº 11.501/1994.....	56
3.3.4 Decreto nº 34.569/1994 - da Lei 11501/1994	56
3.3.5 Decreto nº 35.928/1996.....	57
3.3.6 Lei nº 11.986/1996.....	57
3.3.7 Lei nº 13190/2001.....	57
3.3.8 Lei 13287/2002	57
3.3.9 Lei nº 13.885/2004.....	57
 4 ESTUDO DE CASO	59
4.1 IGREJA DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO	59
4.1.1 Histórico da igreja São Pedro e São Paulo	59
4.1.2 Projeto da Igreja São Pedro e São Paulo	63
4.1.3 Plantas da Igreja São Pedro e São Paulo	65
4.1.4 Acústica da Igreja São Pedro e São Paulo	66
4.2 IGREJA DE SÃO DOMINGOS	70
4.2.1 Histórico da Igreja de São Domingos	70

4.2.2 Projeto da Igreja de São Domingos	73
4.2.3 Plantas e Cortes da Igreja de São Domingos	75
4.2.4 Acústica da Igreja de São Domingos	76
4.3 IGREJA ADVENTISTA DO SÉTIMO DIA DE VILA MARIA – IASD	77
4.3.1 Histórico da IASD de Vila Maria	77
4.3.2 Projeto da IASD de Vila Maria	79
4.3.3 Plantas e Cortes da IASD de Vila Maria.....	81
4.3.4 Acústica da IASD de Vila Maria	83
4.4 MÉTODO	84
4.4.1 Material	85
4.4.2 Procedimentos	86
4.4.3 Localização dos pontos de medição dos três estudos de caso	88
 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	 95
5.1 IGREJA SÃO PEDRO E SÃO PAULO	95
5.1.1 Nível de ruído ambiente L_{ra} e nível de ruído ambiente interno L_{ri}	95
5.1.2 Nível de ruído ambiente L_{ra} e nível de pressão sonora equivalente L_c	97
5.1.3 Nível de ruído ambiente interno L_{ri} e nível de pressão sonora equivalente interna L_{Aeqi}	98
5.2 IGREJA DE SÃO DOMINGOS	99
5.2.1 Nível de ruído ambiente L_{ra} e nível de ruído ambiente interno L_{ri}	99
5.2.2 Nível de ruído ambiente externo L_{ra} e nível de pressão sonora equivalente L_c	100
5.2.3 Nível de ruído ambiente interno L_{ri} e nível de pressão sonora equivalente L_{Aeqi}	101
5.3 IGREJA ADVENTISTA DO SÉTIMO DIA DE VILA MARIA.....	102
5.3.1 Nível de ruído ambiente L_{ra} e nível de ruído ambiente interno L_{ri}	102
5.3.2 Nível de ruído ambiente L_{ra} e nível de pressão sonora equivalente L_c	103
5.3.3 Nível de ruído ambiente interno L_{ri} e nível de pressão sonora equivalente L_{Aeqi}	104
5.4 GRÁFICOS COMPARATIVOS ENTRE AS TRÊS IGREJAS AVALIADAS	105

5.4.1 Nível de ruído ambiente L_{ra} comparativo	105
5.4.2 Nível sonoro equivalente interno L_{Aeqi} comparativo	106
5.4.3 Nível de ruído ambiente interno L_{ri} comparativo	107
5.5 TEMPOS DE REVERBERAÇÃO RT_{60} DAS TRÊS IGREJAS ESTUDADAS	109
5.5.1 Análise Comparativa dos Tempos de Reverberação	110
 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	 113
6.1 CONCLUSÕES ESTUDOS DE CASO	113
6.1.1 Quanto ao nível de ruído ambiente.....	113
6.1.2 Quanto aos níveis sonoros emitidos pelas igrejas	114
6.1.3 Quanto ao Tempo de Reverberação	114
6.1.4 Quanto à difusão sonora	115
6.1.5 Quanto aos níveis sonoros e Tempo de Reverberação	115
6.2 RECOMENDAÇÕES GERAIS	115
6.3 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS.....	116
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 117
ANEXOS	130

1 – INTRODUÇÃO

A acústica faz parte da Física, e é a ciência que estuda os sons e as vibrações. Ela está associada à percepção auditiva no homem. Não é algo palpável ou visível, o que é um fator de dificuldade na sua compreensão. A percepção auditiva é utilizada em conjunto com parâmetros acústicos objetivos, desenvolvidos com o intuito de avaliar as qualidades acústicas e sonoras de ambientes abertos e fechados.

Este trabalho aborda a qualidade acústica dos espaços internos de igrejas e templos, com base na normalização brasileira. Com relação à parte externa, o trabalho enfoca a influência da qualidade sonora interna sobre a do ambiente externo, em termos do isolamento sonoro que as edificações pesquisadas propiciam, permitindo assim regular a interferência dos cultos religiosos na comunidade vizinha.

1.1 OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é estudar o desempenho dos espaços sonoros interno e externo de três igrejas, escolhidas como amostras, com base na normalização brasileira vigente. O critério de seleção foi o de igrejas projetadas por arquitetos.

1.2 JUSTIFICATIVA

A acústica, no âmbito das cidades e dos ambientes construídos, influencia a qualidade de vida da população, sendo um fator importante para a saúde física e mental do ser humano (ZOLNERKEVIC, 2012). Representam fontes sonoras urbanas, entre muitas outras, os veículos que transitam nas vias, as aeronaves, pessoas falando, cantando, ou utilizando equipamentos que produzem sons e ruídos, fora e dentro das edificações. O ruído é uma das

consequências do progresso da era da máquina, e tende a aumentar proporcionalmente ao crescimento das cidades. A qualidade de vida das pessoas é prejudicada quando submetidas à presença contínua de ruído perturbador intenso, e que com isso chegam a dispensar aproximadamente 20% de energia extra para a realização de uma tarefa (SILVA, 2005).

O ruído excessivo, inoportuno e persistente, não apenas sobrecarrega o aparelho auditivo do ser humano, mas também seu cérebro, com repercussão no sistema nervoso. Ele também interfere de forma direta no corpo humano, podendo gerar problemas orgânicos, como alterações de pressão sanguínea, da própria composição do sangue, náuseas, cefaleias, perda de equilíbrio e insônia, entre outros. Portanto, na sociedade moderna, o ruído passa a ser uma questão importante dentre os problemas sociais e de saúde (SILVA, 2005).

Segundo Baring (1990), com relação ao ruído viário, este é agravado “pelo estímulo dado ao transporte rodoviário”, na qual “a presença de veículos pesados é geralmente preponderante”.

De acordo com a Resolução nº1/1990 (CONAMA, 1990), “os problemas dos níveis excessivos de ruído estão incluídos entre os sujeitos ao Controle da Poluição de Meio Ambiente”. A mesma Resolução declara também que “a deterioração da qualidade de vida, causada pela poluição, está sendo continuamente agravada nos grandes centros urbanos”.

A aceitação dos níveis de poluição sonora nas cidades depende do uso e ocupação predominante do solo nas diversas áreas em que é regulado pela legislação, por exemplo, no caso da cidade de São Paulo, a lei nº 13.885 de 2004.

As reclamações de ruído e poluição sonora na cidade de São Paulo estão distribuídas da seguinte forma, segundo dados do órgão de fiscalização (PSIU, 2009) referente ao ano de 2009:

- 53% das reclamações se referem à poluição sonora em geral;
- 19% a bares ruidosos, após o horário da 1 hora da madrugada;
- 11% referentes a igrejas e templos;
- 8% restantes, divididos em diversos tipos de reclamações relativas a ruído excessivo na cidade.

Desse modo, entre os estabelecimentos comerciais e institucionais, as igrejas e templos ocupam o segundo lugar em número de queixas.

No caso das igrejas, elas são fontes de poluição sonora quando não há isolamento suficiente de sua edificação.

Os níveis sonoros emitidos pelas igrejas dependem basicamente das atividades desenvolvidas no local, da utilização de recursos de amplificação sonora e da arquitetura da edificação.

Nos espaços destinados à comunicação verbal, ou musical, como igrejas ou templos, o projeto de arquitetura deveria considerar a acústica como condicionante importante para o conforto ambiental, tanto internamente, como no entorno do edifício. Um exemplo desta preocupação é o arquiteto Rino Levi, que explorou a acústica em vários projetos, como, por exemplo, o cinema *Cine Ufa-Palácio* - São Paulo, 1936. (ANELLI, 2001).

Altos níveis sonoros podem acarretar graves prejuízos à saúde das pessoas (PIMENTEL-SOUZA, 2000). Garantir qualidade acústica e sonora na arquitetura e no meio urbano interfere positivamente na qualidade de vida das comunidades que habitam as cidades.

Na arquitetura de igrejas construídas a partir da segunda metade do século XX, o conforto ambiental relativo à acústica, com frequência não é abordado durante a fase de elaboração do projeto, acarretando prejuízos ao usuário, e comprometendo o desempenho da edificação na sua função principal. Além disso, com a diversificação e modificações dos cultos religiosos, nas últimas décadas, no Brasil, muitas igrejas e templos são implantados em espaços já existentes, construídos para outros usos, o que resulta em edificações incapazes de cumprir a sua função de forma satisfatória, devido à falta de qualidade acústica, sugerindo a necessidade de elaboração de uma norma brasileira para disciplinar essas situações.

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Capítulo 1- Introdução

Capítulo 2 - Acústica em projetos de Igrejas

- apresenta breve histórico da acústica relacionada à arquitetura de igrejas;

- apresenta pesquisas e estudos de caso sobre acústica de igrejas construídas a partir da segunda metade do Século XX e resultados obtidos;
- apresenta a natureza de parâmetros objetivos e atributos subjetivos disponíveis para utilização na pesquisa.

Capítulo 3 - Normas e Legislação

- apresenta o levantamento bibliográfico sobre normas e legislação relacionadas direta ou indiretamente à acústica de igrejas.

Capítulo 4 - Estudos de Caso e Método

- apresenta o levantamento arquitetônico das igrejas escolhidas para estudo de caso da pesquisa, constando de volumetria, materiais, áreas das superfícies e características do espaço construído.
- relata a escolha dos parâmetros objetivos considerados mais importantes para a finalidade da pesquisa, a partir dos levantamentos feitos nas igrejas escolhidas para estudo de caso;
- apresenta a lista dos equipamentos utilizados.
- estabelece como foram medidos os parâmetros objetivos escolhidos, de modo a alinhar os métodos e procedimentos com outros já descritos nas normas correlatas existentes;
- apresenta o levantamento das condições ambientais internas das igrejas escolhidas para estudo de caso da pesquisa em uso, constando dos parâmetros acústicos o *nível de pressão sonora equivalente*; e *desocupada, do Tempo de Reverberação*.
- apresenta o levantamento das condições ambientais externas das igrejas escolhidas para estudo de caso da pesquisa, durante o uso, constando da medição do parâmetro acústico nível de pressão sonora equivalente.
- estabelece correlações entre dados da bibliografia consultada e dados coletados na pesquisa.

Capítulo 5 - Análise e discussão dos resultados

- apresenta e analisa os resultados das medições.

Capítulo 6 - Conclusões e recomendações.

2 - ACÚSTICA EM PROJETOS DE IGREJAS

Este capítulo apresenta um breve histórico da concepção de espaços destinados à comunicação pela palavra falada e pelo canto.

2.1 GRÉCIA E ROMA ANTIGAS: TEATRO AO AR LIVRE

A ciência da acústica iniciou-se na Grécia e Roma Antigas, entre os séculos VI a.C. e I a.C., com o teatro ao ar livre. Os gregos, como os egípcios, utilizavam a pedra na arquitetura de locais públicos e sagrados. Assim como os teatros ao ar livre, os ginásios e vários monumentos funerários eram em geral construídos distantes do centro da cidade (*polis*). A *polis* funcionava como um centro religioso, político e comercial rodeado por fortificações e muros (STIERLIN, 1994).

No século IV a. C, foi construído o teatro ao ar livre Epidaurus, implantado em local de montanhas (Figura 1).

Figura 1 – Teatro Epidaurus século IV a.C., Grécia
(PERISTILO WORDPRESS, 2012)

A configuração da plateia desse tipo de teatro ao ar livre beneficia a sua acústica. Isso ocorre porque as pessoas funcionam como absorvedores sonoros (BERANEK, 1962). Quando os assentos da plateia estão dispostos num piso plano e, portanto, sem desnível, as pessoas, além de representarem obstáculos à passagem do som conforme se distanciam do palco, absorvem parcela significativa da energia sonora.

Já os teatros gregos ao ar livre por não apresentarem os assentos da plateia dispostos num piso plano, garantem a chegada do som aos lugares mais distantes do palco. A forte declividade da plateia diminui a distância entre o público e o palco, favorecendo a acústica nos assentos mais distantes (Figura 2).

Figura 2 – Plateia do Teatro Epidauros século IV a.C., Grécia (STIERLIN, 1994)

A topografia favorece a acústica, pois o teatro está localizado em montanhas, onde ocorre o vento de encosta, denominado vento anabático (CPTEC, 2010). Esse vento tem o mesmo sentido e direção da fonte sonora, do palco para a plateia, que resulta na soma vetorial da velocidade do som com a do vento (SILVA, 2005); e também resguarda o palco das fontes sonoras oriundas da parte posterior à audiência.

2.2 IGREJAS

2.2.1 Antecedentes históricos: Templo e sinagoga

As igrejas cristãs se originaram das sinagogas, que consistiam em espaços para estudo e oração, e funcionavam como centros de encontro para a comunidade. As sinagogas se originam da época do Tabernáculo, descrito no Antigo Testamento, e são as raízes históricas das igrejas cristãs (BÍBLIA, 1969).

O Tabernáculo consistia em uma grande tenda transportável, utilizada como um espaço religioso de reunião, no qual acreditava-se ocorrer uma maior proximidade entre Jeová e os sacerdotes judeus. Foi inaugurado próximo ao Monte Sinai no ano de 1512 a.C. Posteriormente ao Tabernáculo surgiu o primeiro Templo, edificado pelo Rei Salomão, filho do Rei Davi, que foi destruído pelo exército babilônico comandado pelo Rei Nabucodonosor, em 607 a.C. O segundo Templo foi erigido em 516 a.C. por Zorobabel, com o apoio do Rei Ciro, o Persa. Não tinha, porém a mesma riqueza que o Templo de Salomão, mas perdurou por cerca de 500 anos, foi incendiado e destruído pelos romanos no ano 70 da era Cristã. Hoje restam apenas suas fortificações, conhecidas como o Muro das Lamentações, em Jerusalém (JEWISHENCYCLOPEDIA, 2002).

Não há menção em documentos históricos da acústica dos templos, porém a grandiosidade da arquitetura dos templos devido às suas dimensões faz supor um local reverberante. A música no templo é mencionada em escrituras sagradas, como a Bíblia, que cita a presença do canto e o uso de instrumentos de percussão, cordas e sopro durante os serviços religiosos.

Há algumas controvérsias quanto à origem das sinagogas; se surgiram após a Diáspora Babilônica, ou durante a existência do primeiro templo. O que diferencia os templos das sinagogas é a substituição dos sacrifícios animais pelas orações.

No início, o cristianismo adotou os cânones judaicos, e durante o primeiro século, produziu sua própria literatura normativa. Ainda hoje os

cristãos e os muçulmanos utilizam o formato comunal do culto dos judeus (TOY, 1913).

2.2.2 Igrejas na Idade Média

a. Período Cristianismo Antigo

O período do cristianismo antigo foi do ano 400 ao ano 800, estando situado entre os reinados do imperador Constantino, ano 400 e de Carlos Magno, ano 800 (LONG, 2006).

Segundo Long (2006) a construção da antiga Basílica de São Pedro foi iniciada no ano de 330, logo após a oficialização do cristianismo pelo imperador Constantino (Figura 3).

Figura 3 – Planta esquemática da Basílica de São Pedro (LONG, 2006)

O estilo basílico se tornou o modelo das igrejas construídas na Europa Ocidental, mais tarde originando as catedrais góticas.

No Império Romano Ocidental, a arquitetura de igrejas se caracterizou pelo uso do domo na cobertura de áreas retangulares ou poligonais. Os materiais inicialmente utilizados na construção foram o tijolo, com papel estrutural, e o mármore para revestimentos. Deste período se destaca a Igreja Santa Sofia (Figura 4), construída em Constantinopla no período de 532 a 537 pelo imperador Justiniano.

Após a tomada de Constantinopla pelos turcos, a igreja de Santa Sofia se tornou o modelo para a construção de grandes mesquitas (Figura 4).

Figura 4 – Igreja de Santa Sofia em Istambul, construída entre os anos de 532 a 537 (SACRED DESTINATIONS, 2005)

O canto gregoriano, utilizado na liturgia das igrejas ocidentais se originou da rica tradição de músicas religiosas das sinagogas assim como das entoadas nas igrejas orientais, é constituído pela combinação de melodias e ritmos simples. As primeiras basílicas eram altamente reverberantes, e a música sacra tinha que se adequar à arquitetura para que pudesse ser compreendida. Nestas igrejas o conjunto dos sons reverberantes do canto gregoriano é enlevante, apesar da simplicidade rítmica e melódica dos cânticos.

Na Itália as Igrejas de Santo Apolinário em Classe (Figura 5) e Santo Apolinário Novo (Figuras 6 e 7) representam os monumentos mais relevantes da Antiguidade.

Figura 5 – Basílica de Santo Apolinário em Classe, Ravenna (ESGT. IPT, 2008)

Figura 6 – Basílica de Santo Apolinário Novo, Ravena
(ESGT. IPT, 2008)

Com relação à arquitetura dessas igrejas, “os exteriores são simples, mas os interiores são revestidos com esplêndidas decorações de mármore e com mosaicos: os acabamentos planos e coloridos se desenvolvem até cobrir e transformar as estruturas da edificação” (BENÉVOLO, 1993, p. 204-205).

Figura 7 – Detalhe da Basílica de Santo Apolinário Novo, Ravena
(ESGT. IPT, 2008)

b. Período Românico

O período românico foi entre o reinado de Carlos Magno, por volta do ano 800, e a era das catedrais góticas do século XII. O estilo Românico manteve a estrutura básica da igreja basílica, a planta, porém, passou a apresentar o formato de crucifixo.

O estilo românico é caracterizado por arcos circulares e coberturas com domos de formato esférico no oriente, e de ogiva no ocidente. Os materiais de construção eram o tijolo, a pedra e a cerâmica.

O mármore característico dos principais edifícios gregos e romanos não era utilizado, fazendo com que a estrutura medieval de tijolo parecesse bruta e sem ornamentos quando comparadas aos antigos. A Catedral de São Marcos em Veneza era uma exceção (Figura 8).

Figura 8 – Vista interna Domus Catedral de São Marcos (GLANCEY, 2010)

c. Período Gótico

No início da Baixa Idade Média, por volta do ano 1100, verificou-se um crescimento significativo de construções de catedrais góticas, que se iniciou no norte da França, e depois se espalhou pela Europa.

As catedrais eram de uma forma geral produto dos leigos que vinham da parte mais pobre da população e antes só observavam as formalidades da religião e que passaram a abraçar a fé como questão de convicção pessoal (LONG, 2006).

Isso foi possível porque neste período algumas cidades cresceram economicamente através do comércio, devido a um período de paz relativa, permitindo que estes cidadãos patrocinassem a construção de grandes catedrais.

A primeira catedral foi construída pelo Abade Sager em Saint Dennis, entre os anos de 1137 e 1144, sendo resultado de centenas de anos de conhecimentos adquiridos e acumulados pela experiência em construções de fortificações de cidades e de igrejas.

Em 1163 iniciou-se a construção da Catedral Notre Dame, concluída por volta de 1250 (Figuras 9 e 10).

Figura 9 – Catedral Notre Dame: corte esquemático (LONG, 2006)

Figura 10 – Catedral Notre Dame: projeção dos arcos internos em planta (LONG, 2006)

A arquitetura de catedrais góticas revelou uma sofisticada combinação entre tecnologia construtiva e arte. As naves das catedrais têm alturas superiores a 30 metros, com janelas que possibilitam a iluminação interna de forma tênue, criando um ambiente interno místico. A música de estilo gregoriano encaixou-se perfeitamente à arquitetura das catedrais góticas, de espaços altamente reverberantes, resultando em uma acústica envolvente e enlevante para os fiéis.

No século XIII a Igreja exercia forte influência sobre o Estado. As cruzadas serviram para unir a Europa Ocidental em uma única comunidade religiosa.

No início do século XIV, entre os anos de 1347 e 1350, a peste bubônica dizimou cerca de um terço da população europeia, e metade dos membros da Igreja. Neste panorama, muitos homens que ficaram viúvos entraram para ordens religiosas, onde havia oportunidades para o sacerdócio.

Com o crescimento das cidades e do comércio ampliaram-se as opções públicas de lazer, o que causou a diminuição do foco na religião pelo povo.

A Igreja tolerava o teatro de rua, pois a religião cristã também era ensinada durante encenações que combinavam música e palavra falada. A língua utilizada era o latim, apesar de poucos o compreenderem.

Com o tempo a língua utilizada no teatro passou a ser a do próprio país ou região, ou uma combinação do vernáculo com o latim. Com isso as peças teatrais começaram a ser encenadas em salas que possibilitavam a compreensão dos diálogos, ou seja, que tinham uma acústica apropriada à palavra falada.

d. Idade Moderna (1453 – 1789)

- Período Barroco (1600-1750)

O período barroco na Europa se desenvolveu no século XVII. A Igreja tinha uma relação de poder com o Estado e como resposta a este jogo de poder aconteceu a Reforma Protestante, movimento conhecido como Contra-Reforma.

Para ampliar a influência católica, a Igreja construiu novas igrejas utilizando-se da arte barroca, constituindo uma nova fase na igreja católica. O Barroco caracterizou-se pelo predomínio da expressão da emoção, por meio do contraste acentuado entre os tons claros e escuros, e jogos de luz e sombra. Verificam-se nas igrejas ornamentos rebuscados, uso do ouro na decoração, esculturas em madeira e pedra, talhas em madeira, pinturas com temas bíblicos. Na Itália pode-se destacar a obra de Gian Lorenzo Bernini, como exemplo, o Baldaquino da Basílica de São Pedro no Vaticano, construído entre os anos 1624 e 1633 (Figuras 11 e 12), e Andrea Pozzo, como a pintura “A Glorificação de Santo Inácio”, Igreja de Santo Inácio em Roma (Figura 13), inaugurada em 1642, mas nunca finalizada.

Figuras 11 e 12: Figura 11 (esq) – Altar Papal: baldaquino da Basílica de São Pedro em Roma, de Bernini, construído entre 1624 e 1633. Figura 12 (dir) – Detalhe do Altar Papal (WIKIPEDIA, 2012)

Figura 13: Igreja de Santo Inácio em Roma, “A glorificação de Santo Inácio” (WIKIPEDIA, 2012)

A arquitetura das igrejas barrocas colabora para a distribuição do som no ambiente devido à riqueza de superfícies irregulares em suas formas e dimensões.

e. Idade Contemporânea (1789 – dias atuais)

A arquitetura contemporânea é caracterizada por ambientes com poucos elementos decorativos e superfícies pouco irregulares.

A igreja Herz Jesu do arquiteto Allmann Sattler Wappner, concluída em 2000 em Munique, Alemanha, representa um modelo da arquitetura religiosa contemporânea. Foi projetada em geometria cúbica, com a igreja inserida em uma caixa de vidro (Figuras 14 e 15), e composta com painéis móveis e modulares revestidos em madeira que proporcionam qualidade acústica ao ambiente e o controle de entrada de luz natural. A igreja possui poucos elementos decorativos no seu interior (Figura 16), e as paredes laterais são compostas pelos painéis móveis e modulares, que funcionam como absorvedores acústicos e elemento de controle da entrada de iluminação natural e radiação solar. O mobiliário é composto por bancos de madeira revestidos em espuma e tecido, o piso é em pedra, e o forro em gesso com iluminação artificial embutida.

Figuras 14 e 15: Figura 14 (esq) – Igreja Herz Jesu: fachadas em vidro.

Figura 15 (dir) – Painéis móveis e modulares revestidos em madeira

(ALLMANNSATLERWAPPNER, 2013; ADESIGN, 2012)

Figura 16 – Interior da igreja Herz Jesu
(ARCOWEB, 2001)

2.2.3 Igrejas no Brasil

a. Idade Moderna (1453 – 1789)

A Igreja chegou ao Brasil com os portugueses no período do descobrimento. A primeira igreja construída no país foi a Nossa Senhora da Misericórdia, em 1526 na cidade de Porto Seguro (Figura 17). As técnicas construtivas e a tipologia das igrejas seguiam os padrões portugueses da época (SUSIN, 2012).

A técnica construtiva empregada em igrejas no Brasil era a taipa de pilão, que se caracterizava por grossas paredes de barro com espessuras de 60 a 80 cm. A taipa de pilão era muito utilizada no sul da península ibérica.

A igreja de Jesus, em Roma, de 1568 (Figura 21) possui características semelhantes a primeira igreja construída no Brasil.

As igrejas barrocas na Itália e Portugal deste período foram modelos para a arquitetura religiosa no Brasil, que eram de padres jesuítas, como a igreja de Jesus.

Figura 17 – Primeira igreja construída no Brasil: 1526, em Porto Seguro, Bahia (EPATAIA, 2011)

- Período Barroco

O Período Barroco no Brasil surgiu no século XVIII, 100 anos após o seu surgimento na Europa, perdurando até a segunda metade do século XIX.

O auge artístico se deu a partir de 1760. A Igreja São Francisco de Assis em Ouro Preto, de Antônio Francisco Lisboa, conhecido como “Aleijadinho”, é um exemplo de destaque do barroco mineiro (Figura 18). A obra foi iniciada em 1766, e Aleijadinho criou as esculturas da portada e dos púlpitos; a pintura do teto foi realizada por Manuel da Costa Ataíde, conhecido como “Mestre Ataíde”. A arquitetura barroca mineira ficou caracterizada pelo uso do ouro, de esculturas em pedra sabão e madeira. O interior das igrejas barrocas é altamente ornamentado, gerando dessa forma grandes áreas de superfícies irregulares que propiciam a difusão sonora no ambiente.

Figura 18 – Igreja São Francisco de Assis em Ouro Preto, de Aleijadinho
(GEOLOCATION, 2012)

b. Idade Contemporânea (1789 – dias atuais)

No século XX, o Concílio Vaticano II, entre os anos de 1962 e 1965, realizou alterações na Igreja Católica, com o objetivo de atualizá-la. Dentre as mudanças efetuadas, as que influenciaram a acústica e a importância da inteligibilidade da fala nas igrejas foram as seguintes:

- posição do púlpito, antes nas laterais da nave de onde o celebrante se dirigia à congregação, passou a ficar no altar;
- posição do celebrante no púlpito era de costas para os fiéis, a celebração e a homilia passaram a ser proferidas de frente para os fiéis com o sacerdote no altar;
- as orações deixaram de ser em latim e passaram a ser proferidas no idioma local de cada igreja;
- Nas igrejas modernas deixaram de ser construídos altares laterais, que nas igrejas antigas ajudavam na difusão sonora.

A arquitetura de igrejas contemporâneas é caracterizada internamente por superfícies planas, sem elementos decorativos, ou quase imperceptíveis do ponto de vista acústico, em contraste com as igrejas mais antigas, do início do século XX ou anteriores (Figuras 19).

Figura 19 – Púlpito no altar, Catedral da Sé, São Paulo, SP (SPTURISMO, 2011)

As igrejas do início do século XX possuem diversas irregularidades de superfícies internas, proporcionada por seus elementos arquitetônicos e decorativos. A Catedral da Sé em São Paulo, de estilo neogótico, conserva características do estilo gótico das igrejas medievais, como os altos pés direitos e a presença de arcos de ogiva (Figura 19), gerando características acústicas similares às das igrejas góticas.

A arquitetura moderna é caracterizada pela ausência ou escassez de ornamentos, o que resulta em ambientes com superfícies lisas ou com poucas irregularidades. A Igreja São Francisco de Assis, em Belo Horizonte, projetada por Oscar Niemeyer, e inaugurada em 1943, é um exemplo de arquitetura de igrejas deste período no Brasil (Figura 20).

Figura 20 - Interior da Igreja São Francisco de Assis de Niemeyer em Belo Horizonte, Minas Gerais: predomínio de superfícies lisas com poucas irregularidades (NIEMEYER, 2011)

Na década de 1920, com o surgimento dos primeiros aparelhos eletrônicos para amplificação sonora, alto-falantes e microfones, deu-se início a utilização de recursos de amplificação sonora para a voz e instrumentos musicais, de uma forma geral. Nas igrejas os alto-falantes distribuídos nas paredes ou colunas funcionavam como várias fontes, de forma que o som direto chegasse mais facilmente aos ouvintes.

2.3 ASPECTOS DETERMINANTES DA QUALIDADE SONORA DE IGREJAS

A arquitetura das igrejas foi afetada pela variedade de funções que exerciam: desde seus rituais e tradições, até a própria busca do belo. A nave e o transepto (Figura 21) necessitam de propriedades para uma boa escuta tanto da palavra falada quanto da música; a capela-mor deve prover ótimas condições para o serviço religioso falado; o órgão e o coral precisam do melhor local para a geração da música, e todos os locais na igreja devem ser silenciosos o suficiente para criar um ambiente propício à meditação e oração (KNUDSEN; HARRIS, 1950).

Figura 21 – Ilustração da Nave e Transepto da Igreja de Jesus, Roma
 (MORFOLOGIA DA IGREJA BARROCA, 2013)

2.3.1 Importância da inteligibilidade da fala

A inteligibilidade da palavra falada é condição básica para as igrejas construídas a partir da segunda metade do século XX. Assim como nos teatros e auditórios, se a palavra falada é inteligível e o ruído de fundo não é intrusivo, é improvável que haja insatisfação em determinados pontos do ambiente. Não se pode esquecer também que a preocupação com o Tempo de Reverberação e a eliminação dos ecos são requisitos básicos. Boa curva de visibilidade é importante tanto para a acústica como por razões visuais (BARRON, 1993). As igrejas e templos têm necessidades semelhantes às dos teatros e auditórios em relação à palavra falada. A fala envolve as faixas de frequências de 125 Hz a 8.000 Hz, e é constituída de vogais e consoantes, sendo que as vogais produzem maior nível sonoro do que as consoantes; a diferença de nível sonoro entre ambas é em média de 12 dB (BARRON, 1993).

A duração das vogais é maior do que a das consoantes. Devido à maior duração e energia sonora das vogais em relação às consoantes, a compreensão ou inteligibilidade da fala diminui em ambientes com longos tempos de reverberação, pois ocorre o mascaramento do som das consoantes pelo som das vogais. A fala nas baixas frequências é considerada uma fonte omnidirecional, e nas frequências superiores se torna mais direcional. Este fato

também prejudica a inteligibilidade da fala em espaços abertos e locais de grandes dimensões, pois as altas frequências são as mais importantes para a compreensão da palavra (BARRON, 1993).

Para Barron (BARRON, 1993) a relação sinal/ruído e a resposta impulsiva da sala são determinantes para a inteligibilidade da fala. A relação sinal/ ruído consiste na diferença de nível sonoro entre a fonte (ou orador) e o nível de ruído ambiente.

A resposta impulsiva “é um registro da pressão sonora em determinado ponto da sala, feito a partir do momento em que a sala é sonorizada com um impulso” (BISTAFA, 2005), e que fornece informações a respeito da intensidade e do instante em que cada reflexão sonora chega ao ouvinte (Figura 22).

Figura 22 – Resposta impulsiva típica em ponto em determinada sala
(BISTAFA, 2005)

A relação sinal/ ruído é medida por meio de sonômetro, decibelímetro ou analisador de áudio. Mede-se o nível sonoro da fonte sonora em estudo e o nível de ruído ambiente, ou seja, o ruído no local sem a fonte sonora em funcionamento. Obtém-se a relação sinal/ruído por meio destes níveis sonoros medidos.

O teste subjetivo de inteligibilidade da fala se baseia em uma sequência de palavras e frases aleatórias, que devem ser reconhecidas e escritas pelos ouvintes. O grau de inteligibilidade da sala é avaliado por meio da porcentagem de acertos das sílabas articuladas. Knudsen utilizou este método no deserto de Mojave, Califórnia (BARRON, 1993), e a mesma técnica foi utilizada durante os anos 1920 para medir a inteligibilidade da fala como função do Tempo de Reverberação.

2.3.2 Tempo de Reverberação

O físico norte-americano Wallace Sabine iniciou seu trabalho na área de acústica arquitetônica em 1895, ao tentar melhorar as condições acústicas da nova sala de aula no Fogg Art Museum (Universidade de Harvard, Estados Unidos), e verificou que o som persistia no ambiente por 5,5 segundos aproximadamente, o que tornava a linguagem falada praticamente incompreensível, já que neste período uma pessoa falando em inglês, pronuncia em média 15 sílabas completas (EGAN, 2007).

Na época, denominou-se a persistência do som no ambiente como “duração audível do som residual”. Sabine realizou seus experimentos utilizando um órgão de tubos, na frequência de 512 Hz, num nível sonoro de 60 dB, e estudou o decaimento deste som, até se tornar inaudível. A definição do Tempo de reverberação, criado por Sabine, surgiu a partir desse experimento.

O estudo da absorção sonora de um ambiente foi realizado com a ajuda de seus dois estudantes assistentes de laboratório, com a utilização de cadeiras estofadas, e chegou-se a conclusão de que 550 cadeiras estofadas, com um metro de extensão, reduz o Tempo de Reverberação em um segundo, aproximadamente. Logo, a primeira unidade de absorção sonora foi um metro de comprimento dos assentos estofados do Teatro Sanders, local de origem dos assentos utilizados nesta experiência (EGAN, 2007).

Sabine estabeleceu a seguinte relação para o Tempo de Reverberação:

$$T = 0,161 \frac{V}{A}$$

sendo:

T: o Tempo de reverberação em segundos,

V: o volume do ambiente em metros cúbicos,

A: absorção sonora total da sala, em m².

$$A = \sum_{i=1}^{i=n} S_i \alpha_i + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \cdots S_n \alpha_n$$

S_i : área de superfície dos diferentes materiais de revestimento instalados no ambiente, em metros quadrados,

α_i : coeficiente de absorção sonora de cada material de revestimento instalado no ambiente.

O Tempo de Reverberação consiste no intervalo de tempo no qual o som medido em um ambiente decai 60 dB após a interrupção da fonte sonora. A este parâmetro acústico objetivo se relaciona à percepção acústica de ambientes mais reverberantes, nos quais o som produzido ressoa por mais tempo, mesmo após a interrupção de todas as fontes sonoras; e a percepção acústica de ambientes menos reverberantes, nos quais a percepção do som se aproxima a dos ambientes abertos.

O diagrama de decaimento sonoro em função do tempo é apresentado na figura 23. A primeira barra à esquerda representa o som direto, e a próxima barra seguinte à direita a primeira reflexão sonora. A diferença de tempo entre o som direto e a primeira reflexão que chega ao ouvinte é denominada Initial time delay-gap ou ITDG. As barras seguintes se referem às reflexões sucessivas no ambiente até se atingir o decaimento de 60 dB.

Figura 23 – Tempo de reverberação: diagrama de decaimento
(BERANEK, 2010)

Posteriormente, Shroeder (1965) propôs o cálculo do Tempo de Reverberação por meio do método da resposta impulsiva integrada, obtida pela excitação da sala com impulso sonoro, como de estouro de balão ou tiro.

O cálculo da Resposta impulsiva integrada é dado pela seguinte função:

$$E(t) = \int_0^{\infty} p^2(\tau) d\tau - \int_0^t p^2(\tau) d\tau = \int_t^{\infty} p^2(\tau) d\tau = \int_{\infty}^t p^2(\tau) d(-\tau)$$

onde:

$E(t)$: resposta impulsiva integrada

$p(\tau)$: nível de pressão sonora em função do tempo

$\int_0^{\infty} p^2(\tau) d\tau$: é o quadrado do nível de pressão sonora do som reverberante somado ao do som direto, em função do tempo

$\int_0^t p^2(\tau) d\tau$: se relaciona ao nível de pressão sonora do som direto

Quanto menor o nível de pressão sonora do som reverberante, menor a resposta impulsiva do ambiente.

Em 1979 Shoreder apresentou em nova publicação de artigo, outro método para o cálculo da resposta impulsiva, calculado por meio da excitação sonora da sala com sinal sonoro, e não por impulso sonoro. O sinal proposto foi um ruído pseudo-aleatório, o *MLS, Maximum Length Sequences*. O sinal *MLS* é uma excitação de comprimento máximo, que possui um padrão perfeito de repetições, como também proporciona nível sonoro suficiente para a obtenção da resposta impulsiva em ambientes com nível de ruído ambiente elevado. O sinal *Sine Sweep*, desenvolvido no mesmo período, foi outro método de obtenção da resposta impulsiva de salas por meio da excitação sonora, e que consiste numa varredura logarítmica de senos em função do tempo, entre 63 Hz e 8.000 Hz (PASSERI, 2008).

O Tempo de Reverberação é o intervalo de tempo no qual o som de um ambiente decai 60 decibels após a interrupção da fonte sonora. Na prática é o fenômeno acústico decorrente das sucessivas reflexões sonoras num ambiente. O eco é decorrente de uma reflexão sonora que permite a reprodução do som direto. A reverberação pode ser descrita como “uma série contínua no tempo de ecos discretos” (BISTAFA, 2005).

Tempo Ótimo de Reverberação para igrejas de diferentes religiões depende dos volumes das edificações e suas respectivas dimensões.

O gráfico 1 ilustra os Tempos ótimos de reverberação a 512 Hz, para a palavra falada e a música de acordo com as características dos serviços religiosos, os quais puderam ser confirmados por meio de observações e medições realizadas em muitas igrejas de acústica excelente (KNUDSEN, 1949). No gráfico 1 pode se ver que:

- a. Os Tempos ótimos de reverberação recomendados para as igrejas protestantes e as sinagogas estão representados na área hachurada, em segundos, e variam de acordo com o volume da edificação, em m^3 , de forma não linear;
- b. Os Tempos ótimos de reverberação recomendados para igrejas católicas romanas estão representados na região superior a área hachurada, em segundos, e variam de acordo com o volume da edificação, em m^3 , de forma não linear.

Gráfico 1 - Tempos ótimos de reverberação para igrejas e sinagogas em função do volume das edificações. Faixa intermediária recomendada para igrejas protestantes e sinagogas, e faixa superior para igrejas Católicas Romanas, adaptado de KNUDSEN, 1949, conversão das unidades cu ft para m^3 .

O gráfico 2 (ABNT, 1992) apresenta os tempos ótimos de reverberação para locais de cultos religiosos em função da ênfase dada a palavra falada, música coral e música de órgão, auditórios, estúdios de gravação, teatros e locais destinados a apresentações musicais para a frequência de 500 Hz. As igrejas protestantes e as sinagogas estão representadas na mesma faixa de tempo de reverberação, e as igrejas católicas em relação às igrejas protestantes e sinagogas requerem tempos ótimos de reverberação superiores. Verifica-se que os Tempos ótimos de reverberação recomendados nos gráficos 1 e 2, para as igrejas e sinagogas são similares, não havendo diferença significativa entre os autores.

Gráfico 2 – Tempos ótimos de reverberação de salas em função do volume (segundos) (ABNT, 1992)

2.3.3. Objetividade e Subjetividade

Um parâmetro acústico objetivo correlaciona-se a um dado atributo subjetivo, que se refere à percepção do ouvinte. O parâmetro acústico objetivo é mensurável, e o atributo subjetivo é definido por meio de sensação auditiva do ouvinte em um ambiente.

a) Parâmetros acústicos objetivos

A maioria dos parâmetros objetivos é calculado por meio da resposta impulsiva da sala. A seguir os principais parâmetros utilizados para avaliar a qualidade sonora de salas:

Retardo Inicial ITDG - *Initial Time Delay Gap*: é o intervalo de tempo entre o som direto e a primeira reflexão sonora. Correlaciona-se com o atributo subjetivo *intimidade* (BISTAFA, 2005).

Tempo de Reverberação TR: Tratado neste trabalho no item 2.3.2.

Tempo de Decaimento Inicial EDT (*Early Decay Time*): é o tempo necessário para que a curva de decaimento energético decaia 10 dB, multiplicado por seis.

Clareza (C80): É a razão entre a energia sonora que chega ao ouvinte até 80 milissegundos após a chegada do som direto, e a energia sonora que o atinge após os 80 milissegundos. Nota-se na definição acima, que reverberação do ambiente influi neste parâmetro, e que desta forma o Tempo de Reverberação está associado à clareza do ambiente.

Subjetivamente, o parâmetro objetivo Clareza C80 se relaciona ao grau de nitidez e precisão com que notas musicais são escutadas numa sala.

A Clareza é definida pela equação:

$$C_{80} = 10 \log \frac{E(0,t)}{E(0,\infty)} = 10 \log \frac{\int_0^{80ms} h^2(t)dt}{\int_{80ms}^{\infty} h^2(t)dt}$$

Definição (D50): este parâmetro acústico objetivo é definido como a razão do som que chega nos primeiros 50 milisegundos após a chegada do som direto, e o som total que chega ao ouvinte (BERANEK, 2010).

A definição é dada pela seguinte equação:

$$D_{50} = \frac{E(0,t)}{E(0,\infty)} = \frac{\int_0^{50ms} h^2(t)dt}{\int_0^{\infty} h^2(t)dt}$$

Este parâmetro quantifica em termos objetivos, por meio de valores percentuais, a qualidade sonora da sala em relação à compreensão da palavra falada.

Tempo Central t_s : é o centro de gravidade temporal da resposta impulsiva ao quadrado.

Por meio deste índice pode-se avaliar o grau de interferência da sala no sinal.

A expressão do Tempo Central t_s é dada por:

$$t_s = 10 \log \frac{\int_0^{\infty} t \cdot p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2(t) dt}$$

Suporte G: é o nível sonoro total em determinado ponto da sala produzido por uma fonte sonora omnidirecional e o nível sonoro total em campo livre, medido a 10 m da mesma fonte sonora (BISTAFA, 2005). Correlaciona-se com a audibilidade do som.

É dado pela expressão:

$$G = 10 \log \frac{\int_0^{\infty} p^2(t) dt}{\int_0^{\infty} p^2_{10m}(t) dt}, \text{ em dB}$$

Fração Lateral LF: é a razão entre a energia que atinge o ouvinte lateralmente com a energia sonora total. A percepção de espacialidade se relaciona às reflexões sonoras laterais ao ouvinte, portanto representa uma medida objetiva do *envolvimento* proporcionado pela sala.

A Fração Lateral LF é calculada por meio da expressão:

$$LF = 10 \log \frac{\int_{5 \text{ ms}}^{80 \text{ ms}} p^{\infty}(t) dt}{\int_0^{80 \text{ ms}} p^2(t) dt}$$

Correlação Cruzada Inter-Aural IACC: compara o sinal recebido nas duas orelhas do ouvinte (BERANEK, 1996). Se os sinais forem idênticos, o IACC é 1, e se forem totalmente dissimilares, é igual a 0.

O IACC é dado pela expressão:

$$IACC = \frac{\int_{t_1}^{t_2} p_e(t) \cdot p_d(t+\tau) dt}{\left(\int_{t_1}^{t_2} p_e(t) dt \cdot \int_{t_1}^{t_2} p_d(t) dt \right)} 1/2$$

Índice de Transmissão da Fala (Speech Transmission Index, STI): cálculo baseado no conceito da função de transferência da modulação $m(F)$. Utiliza-se dados do som direto, som refletido e nível de ruído ambiente para a obtenção do STI (MUELLER, 2005).

Rapid Speech Transmission Index (RASTI): é a versão simplificada do STI, na qual se calcula o STI para as bandas de oitavas centradas nas frequências de 500 Hz e 2000 Hz (GRANADO, 2002).

b) Atributos acústicos subjetivos:

A qualidade sonora de salas foi pesquisada inicialmente por meio do recurso de aplicação de questionários para a avaliação da percepção acústica dos ouvintes.

Leo Beranek estabeleceu a correlação entre os atributos subjetivos para salas de ópera, obtidos por meio de entrevistas e questionários, e os seus respectivos Tempos de Reverberação e Tempos de Decaimento Inicial (BERANEK, 2010).

Os principais atributos subjetivos relacionados ao Tempo de Reverberação de uma sala são os seguintes (BISTAFA, 2005):

- Vivacidade: relacionado à reverberação da sala em médias frequências, acima de 350 Hz, e altas frequências. O *Tempo de Decaimento Inicial, EDT*, se relaciona à vivacidade da sala. Para a inteligibilidade da fala deve haver um equilíbrio entre audibilidade e vivacidade. A *audibilidade* tende a ser menor em salas para a palavra falada.
- Audibilidade: é o nível sonoro proporcionado pela sala, que aumenta com a reverberação. O *Suporte G* se relaciona a audibilidade da sala.
- Calor (Warmth): Referente a comparação entre a audibilidade ou vivacidade em baixas frequências, entre 75 Hz e 350 Hz e a audibilidade ou vivacidade em médias frequências, 350 Hz a 1400 Hz, e altas frequências, acima de 1400 Hz. Os parâmetros objetivos correlacionados são o *Suporte G*, e o *Tempo de Decaimento Inicial, EDT*.
- Clareza: é o grau com que diferentes notas musicais são percebidas, distintas e isoladas, no início das passagens musicais. A clareza da sala para a música está relacionada à energia sonora que chega ao ouvinte até 80 milisegundos após a chegada do som direto. Quanto maior a energia das reflexões sonoras que chega neste período de tempo em relação à energia total da resposta impulsiva, maior o grau de clareza da sala. Estas reflexões sonoras são consideradas “reflexões úteis” para a música pois representam um reforço sonoro ao som direto. Os parâmetros objetivos correlacionados são a *Clareza C80*, e o *Tempo Central, ts*.
- Envolvimento (Envelopment ou Spatial Impression): é a percepção do ouvinte de se sentir envolto no campo acústico. Correlaciona-se aos sons

que atingem o ouvinte nas laterais, e aos parâmetros acústicos objetivos *Fração Lateral, LF*, e *Correlação Cruzada Inter-Aural, IACC*.

- Intimidade (*Intimacy*): é a percepção sonora de se estar numa sala pequena, independente de seu tamanho. Correlaciona-se com os parâmetros objetivos *Retardo Inicial, ITDG*, e *Suporte G*.
- Timbre: o som de cada instrumento tem uma característica própria, determinada pelo número de harmônicos e suas intensidades, denominado como timbre. Quando ocorre a alteração do timbre dos instrumentos por uma sala ocorre a “coloração” do som. O Tempo de reverberação está diretamente relacionado à clareza da sala.

2.3.4 Reflexão, Difusão e Difração Sonora

A acústica de igrejas é influenciada pela geometria do projeto arquitetônico. A qualidade acústica é determinada pelos seguintes fenômenos acústicos:

a. Reflexão sonora

Ocorre quando o som incide sobre uma superfície e é refletido com o mesmo ângulo de incidência, em relação a uma linha perpendicular a esta superfície.

- Como se dá a reflexão sonora nas naves:
 - Pela cobertura: o forro ou painéis refletores instalados acima do púlpito e da audiência ou plateia pode propiciar a reflexão do som, reforçando o som direto;

- Pelas paredes laterais: refletem o som direto incidente nestas superfícies.

b. Difração sonora

É o fenômeno acústico que ocorre quando uma onda sonora passa por um orifício “ou contorna um objeto cuja dimensão é da mesma ordem de grandeza que o seu comprimento de onda” (PASSERI, 2008). Novas ondas são formadas a partir da onda difratada, seguindo o princípio de Huygens, utilizado na ótica física. Para Huygens, o orifício pode ser considerado como uma fonte pontual de ondas secundárias (COIMBRA.LIP, 2013).

c. Difusão sonora

É a distribuição homogênea do som em um determinado ambiente (PASSERI, 2008). De acordo com Everest e Pohlmann (2009, p. 125)

Um campo sonoro é chamado difuso, se num dado instante, a intensidade sonora medida em diversos pontos do ambiente for, aproximadamente, a mesma, e se em qualquer um desses pontos, a energia fluir igualmente, em todas as direções.

Ainda segundo Randall e Ward¹ (1960 apud EVEREST; POHLMANN, 2009, p. 125), para que um campo sonoro seja considerado difuso é preciso que:

- A frequência e as irregularidades espaciais obtidas a partir de medições em condições estáveis sejam irrelevantes;
- A ocorrência de picos durante o decaimento do som no ambiente seja irrelevante;
- O decaimento do som no ambiente seja exponencial;

¹ EVEREST, F.A.; POHLMANN, K.C. Master Handbook of acoustics. New York: Mc Graw Hill, 2009. p. 125.

- O Tempo de Reverberação seja o mesmo em todos os pontos da sala;
- O som decaia da mesma forma em diferentes frequências;
- A forma de decaimento do som no ambiente seja independente das características direcionais do microfone utilizado nos testes.

A difusão sonora só é possível em ambientes fechados, pois em locais ao ar livre a intensidade sonora diminui conforme nos afastamos da fonte (PASSERI, 2008). Superfícies irregulares e convexas propiciam a difusão sonora em ambientes.

2.3.5 Geometria das Superfícies

- a) Superfícies côncavas: focam o som numa mesma área, não propiciando uma boa distribuição da energia sonora. Necessitam de tratamento acústico para evitar os sons refletidos que reduzem a inteligibilidade do som direto. Em um ambiente em que há o foco do som na mesma área por superfícies côncavas com diferentes pontos focais, a diferença de tempo entre estas reflexões sonoras pode acarretar ecos, que podem ser corrigidos por meio de tratamento acústico.
- b) Superfícies paralelas: produzem ondas estacionárias, já os ecos são uma defasagem entre o som direto e o som refletido em longos percursos chegando ao ouvinte com uma diferença de tempo em torno de 80 milisegundos.
- c) Paredes do fundo das salas: construídas com materiais duros e lisos refletem o som direto para a audiência e o orador, prejudicando a audição nos assentos mais próximos a ele devido a grande distância que o som refletido percorre. A diferença de tempo entre o som direto e o som refletido é perceptível a partir de 80 milisegundos como eco. Considerando-se que a velocidade do som é de aproximadamente 343 m/s a 20 °C, tem-se que em 80 milisegundos o som percorre

aproximadamente 27 metros. Ou seja, o caminho percorrido pelo som refletido não deve exceder essa distância para evitar e controlar os ecos decorrentes destas reflexões sonoras, denominadas reflexões detriminentais. Para isso, utilizam-se materiais absorventes e difusores sobre estas paredes.

- d) Superfícies convexas: são bons difusores do som se suas dimensões forem adequadas.

2.3.6 Sonorização

É utilizada para salas em que o som direto e refletido não são suficientes para proporcionar uma boa escuta para todos os ouvintes. Consiste em um sistema de reforço sonoro composto por microfones, sistemas eletrônicos de controle e alto-falantes.

É preciso que os ruídos provenientes do ambiente externo da edificação, da própria sala e da energia sonora reverberante não concorram com o sistema de reforço sonoro eletrônico. Em salas muito reverberantes o reforço deve amplificar mais o campo sonoro direto do que o campo sonoro reverberante.

Em igrejas reverberantes é recomendado utilizar colunas de alto-falantes distribuídas nas paredes ou colunas da edificação para que o som direto amplificado atinja os ouvintes. A distância entre os alto-falantes deve ser menor que 7,5 metros (Figura 24) para que o campo sonoro direto cresça mais do que o campo sonoro reverberante (EGAN, 2007). Dessa forma o som direto dos alto-falantes chega aos ouvintes dentro do intervalo de 25 milisegundos, evitando que ocorram diferenças de tempo superiores a 50 milisegundos nas áreas em que dois alto-falantes vizinhos atuam.

Figura 24 – Disposição de colunas de alto-falantes em igrejas (EGAN, 2007), adaptado pela autora.

Entre os alto-falantes é feita também correção do tempo da chegada do som direto amplificado, para que a diferença de tempo entre o som direto não amplificado e o som direto amplificado não exceda 50 milisegundos. O campo sonoro direto é a região da igreja na qual predomina o som direto. O campo reverberante é a zona na qual predomina o som refletido. Neste caso, os alto-falantes representam fontes sonoras que criam campo sonoro direto, e a distância adequada entre eles contribui para que não haja atraso perceptível na chegada do som ao ouvinte, mesmo com os atrasos de tempo programados entre os alto-falantes.

2.4 PARÂMETROS ACÚSTICOS UTILIZADOS NA PESQUISA

2.4.1 Nível Sonoro

O som audível, compreendido na faixa de 20 Hz a 20.000 Hz, está presente diariamente na vida urbana. O nível de ruído dos espaços externo ou interno de uma edificação é o som ouvido pelas pessoas. Em termos físicos, esta percepção é definida como o nível de pressão sonora, pois esta sensação auditiva se deve a onda de pressão que atinge o ouvido humano.

As medições dos níveis de pressão sonora são realizadas com equipamentos eletrônicos, como sonômetros e sistemas computacionais. Existem 3 formas de medição desses, parâmetros objetivos: sem filtro de ponderação, com filtro de ponderação em “A”, e com filtro de ponderação em

“C”. O filtro de ponderação em “A” simula a sensibilidade do ouvido humano, com pouca sensibilidade para as baixas frequências, e é utilizado para medições de níveis sonoros de baixa a média intensidade. O filtro de ponderação em “C” é utilizado para medições de intensidades sonoras superiores a 85 dB (SILVA, 2005).

A medição de nível sonoro com o filtro de ponderação em “A” é expressa em dB(A), sem filtro de ponderação, em dB, e com o filtro de ponderação em “C”, em dB(C).

A medição do nível sonoro contínuo equivalente é feito num determinado intervalo de tempo. O nível sonoro contínuo equivalente L_{eq} ou nível sonoro contínuo equivalente com filtro de ponderação em “A” L_{Aeq} , “representa a mesma quantidade de energia sonora que a soma das parcelas de energia correspondentes às flutuações de nível sonoro efetivamente ocorridas naquele período” (BARING, 1990).

A seguir as definições das medições realizadas:

a) Nível de ruído ambiente – L_{ra} . Segundo a norma (ABNT 2000) consiste no “nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A”, no local e horário considerados, na ausência do ruído gerado pela fonte sonora em questão”.

b) Nível de ruído ambiente interno: nível de ruído ambiente interno a igreja resultante de fontes sonoras externas – L_{ri} (notação não existente em norma, porém sugerida neste trabalho);

c) Nível dos sons emitidos no espaço de culto (voz e música) - L_{Aeqi} - consiste no nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A”, medido no local de estudo, em horário de funcionamento do mesmo, quando este estiver em uso ou em funcionamento (notação não existente em norma, porém sugerida neste trabalho);

d) Nível corrigido L_c : nível de pressão sonora equivalente medido no entorno da edificação analisada.

Figura 26 – Cobertura da megaigreja da Santíssima Trindade, Fátima (GOOGLE, 2012)

A megaigreja da Santíssima Trindade em Fátima representa a maior igreja de Portugal quanto à capacidade de lotação de pessoas sentadas; igreja com estudo acústico na fase de ante-projeto arquitetónico.

Figura 27 – Planta da megaigreja da Santíssima Trindade (CARVALHO; SILVA, 2009)

O volume da igreja é de 130.000 m³, com capacidade para 8.633 pessoas sentadas, e também com modalidade de uso para 3.175 pessoas. O pé-direito médio é de 15m, comprimento médio de 85 m, largura média de 105 m, e largura máxima de 115 m. O formato (Figura 27) é semelhante ao da igreja São Pedro e São Paulo – São Paulo, SP, projetada pelo arquiteto Carlos Bratke e equipe, que veremos a seguir.

O piso de mármore e as dimensões da igreja não colaboram com a acústica interna.

Na figura 28 as indicações numéricas representam as soluções para a acústica da igreja:

- a. Bancos em madeira almofadados: favorecem a absorção sonora;
- b. Porta em aglomerado de madeira perfurado, total de 12 unidades: favorecem a absorção sonora;
- c. Paredes laterais revestidas com placas fonoabsorventes: favorecem a absorção sonora;
- d. Parede do fundo onde fica o coro com a presença de difusores acústicos (Figura 29): evita o eco;
- e. Forro em material refletor, implantação e geometria do forro de forma a distribuir a energia sonora no ambiente: propicia reflexão do som direto.

Figura 28 – Recursos utilizados para a acústica da igreja (CARVALHO; SILVA, 2009)
(indicação numérica da autora)

Figura 29: Difusor acústico colocado na igreja
(CARVALHO; SILVA, 2009)

O contratante estabeleceu os limites aceitáveis dos valores dos parâmetros acústicos objetivos a serem atingidos pelo projeto. A avaliação acústica realizada no interior da igreja. Foi feita por meio das medições dos parâmetros acústicos objetivos NC, RASTI e Tempo de Reverberação (TR).

As NC, curvas-critério de ruído ou “*noise criteria curves*”, foram criadas em 1957 com o intuito “de limitar os níveis de ruído em ambientes de ocupação humana” (BISTAFA, 2011). A NBR 10152 (1987) denominou o NC como

“curvas de avaliação de ruído” (Figura 33). O parâmetro acústico objetivo RASTI, Índice Rápido de Transmissão da Fala ou *Rapid Speech Transmission Index* avalia o grau de compreensão da palavra falada ou inteligibilidade da fala. É dado em porcentagem, e quanto maior o valor do RASTI medido, maior a inteligibilidade da fala no local.

Segundo Carvalho; Silva (2009), os valores médios do Tempo de reverberação foram inferiores aos valores exigidos pelo contratante. O parâmetro RASTI medido com o sistema de som acionado foi bem acima dos valores exigidos pelo projeto. A partir destes resultados, verifica-se que houve bom tratamento acústico no ambiente, e bom projeto eletroacústico do espaço (CARVALHO; SILVA, 2009). Estes valores foram possíveis devido ao tratamento acústico a que a igreja foi submetida, que foi elaborado já durante a fase de ante-projeto arquitetônico.

Apenas os valores obtidos relativos ao parâmetro NC não atenderam as exigências estabelecidas para o projeto, com excesso de 5 dB. Segundo Carvalho e Silva, estes valores podem ser adequados com a simples realização da manutenção dos ventiladores existentes no local (CARVALHO; SILVA, 2009).

2.5.2 Igreja católica Saint Paulus - Antuérpia, Bélgica

A igreja de Saint Paulus está localizada em região de parque com arborização, que é local silencioso. É uma igreja católica construída na segunda metade do século XX, em 1964 pelo arquiteto P. van Aerschot (Figura 30).

Em formato retangular, bancos de madeira sem estofamento, piso cerâmico e, janelas com grandes superfícies em vidro (Figura 31). O volume da sala é de 2870 m³.

O Tempo de Reverberação em 500 Hz é de 4,5 segundos. As medições foram feitas de acordo com a ISO 3382 (1997).

Foi realizada uma comparação entre os resultados obtidos por meio de medição e por meio de simulação acústica pelo método do traçado de raios (RYCHTÁRIKOVÁ, M; MUSABUDA, M. ;OHRABLO, 2003).

Este método usa os princípios da ótica geométrica, através de programa computacional, em que os dados de entrada são os medidos no local, como áreas de superfícies, volume, mobiliário e revestimentos.

Figura 30 – Interior da Igreja Saint Paulus - Antuérpia, Bélgica (RYCHTÁRIKOVÁ, 2003)

Figura 31 – Vista da Igreja Saint Paulus - Antuérpia, Bélgica (RYCHTÁRIKOVÁ, 2003)

Para a boa compreensão da palavra falada o Tempo de Reverberação de 4,5 segundos em 500 Hz está acima do Tempo Ótimo de Reverberação determinado para este espaço. O gráfico 2, indica que o Tempo ótimo de reverberação para este espaço é de aproximadamente 1,7 segundos.

Rychtáriková, Musabuda e Ohrablo (2003) sugerem aumentar as superfícies absorvedoras, sem descaracterizar o ambiente para diminuir o Tempo de reverberação. Nesse sentido, os bancos de madeira e o piso devem ser mantidos, restando a possibilidade de que a absorção sonora seja aumentada com a utilização de placas absorvedoras acústicas no teto da igreja (RYCHTÁRIKOVÁ, M; MUSABUDA, M. OHRABLO, 2003).

3 - NORMALIZAÇÃO E LEGISLAÇÃO

3.1 NORMAS BRASILEIRAS - ABNT

A normatização no Brasil se iniciou em 1940, com a fundação da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, que também é o órgão representante oficial das seguintes entidades internacionais: da ISO (International Organization for Standardization), do IEC (International Electrotechnical Commission); das entidades de normalização regional COPANT (Comissão Panamericana de Normas Técnicas) e da AMN (Associação Mercosul de Normalização). (ABNT, 2011).

Abordam-se a seguir as normas brasileiras pesquisadas que se relacionam direta ou indiretamente ao tema de acústica de templos e igrejas, ou seja, aos edifícios destinados a cultos religiosos.

3.1.1 NBR10151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento.

Trata-se de relação direta com a acústica de igrejas na medida em que limita o nível de ruído emitido por fontes sonoras.

A norma visa proporcionar uma melhor qualidade de vida aos moradores e à comunidade estabelecendo:

- níveis máximos de emissão sonora para fontes, conforme os tipos de áreas do uso e ocupação do solo em que se localizam;
- o método para a medição do nível sonoro.

A norma estabelece um método para a medição do LA_{eq} , denominado nível de pressão sonora equivalente em dB(A), e também para a medição de um nível máximo, este último aplicável aos casos de ruído com caráter impulsivo.

Os equipamentos e os procedimentos de medição são descritos na norma, assim como as correções que devem ser feitas para ruídos com componentes tonais ,e ruídos de caráter impulsivo.

Apesar das exigências de calibração, a conduta do operador do equipamento durante as medições, de acordo com as instruções para o uso, é fator decisivo para a confiabilidade dos resultados.

Erros grosseiros no registro ou na análise dos dados podem introduzir um erro desconhecido significativo no resultado de uma medição. Geralmente grandes erros grosseiros podem ser identificados por uma revisão apropriada dos dados; os pequenos erros grosseiros podem ser mascarados por, variações aleatórias, ou até mesmo podem aparecer como tais. Medidas de incerteza não foram projetadas para levar em conta tais erros (ABNT & INMETRO, 2003, p. 8).

As medições no exterior do local onde está a fonte sonora, devem ser realizadas, quando possível, a uma distância de aproximadamente 2 m do limite da propriedade e de qualquer superfície refletora, além disso, deve estar a aproximadamente 1,20 m do piso. Com relação às medições no interior de edificações deve-se posicionar o medidor a uma distância mínima de 1 m de qualquer destas, sejam paredes, piso, teto (Figura 32). Realizar um mínimo de três medições, com distâncias mínimas entre si, de pelo menos 0,5 m, e com o resultado destas medições tem-se a média aritmética destes valores.

Figura 32 – Foto ilustrativa do posicionamento do equipamento sobre tripé
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

O nível sonoro resultante da medição, chamado “nível sonoro corrigido L_c ” deve ser comparado com o Nível Critério de Avaliação, NCA, com valores tabelados pela norma, para os períodos diurno e noturno, em diferentes tipos de áreas. Esses tipos servem de referência para o estabelecimento de níveis máximos de ruído nas zonas de uso e ocupação do solo, estabelecidas por leis municipais.

O NCA estabelecido para os ambientes internos é baseado na tabela 1 da norma, subtraindo-se 10 dB(A) para locais com janelas abertas, e 15 dB(A) para locais com janelas fechadas.

Os períodos diurno e noturno são estabelecidos pelas autoridades “porém o período noturno não deve começar depois das 22h e não deve terminar antes das 7 h do dia seguinte. Se o dia seguinte for domingo ou feriado do período noturno não deve ser antes das 9 h” (ABNT, 2000).

Quando o nível de ruído ambiente L_{ra} em ambientes externos ultrapassar o NCA estabelecido na Tabela 1, adota-se esse valor de L_{ra} , em substituição ao NCA.

Esta norma lista o que deve constar do relatório de medições, conforme lista abaixo copiada da norma:

1. Marca, tipo ou classe e número de série de todos os equipamentos de medição utilizados;
2. Data e número do último certificado de calibração de cada equipamento de medição;
3. Desenho esquemático e/ou descrição detalhada dos pontos da medição;
4. Horário e duração das medições do ruído;
5. Nível de pressão sonora corrigido L_c , indicando as correções aplicadas;
6. Nível de ruído ambiente;
7. Valor do nível critério de avaliação de ruído aplicado para a área e o horário da medição; e
8. Referência a esta Norma.

Tabela 1 – Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

TIPOS DE ÁREAS	Diurno	Noturno
	dB(A)	dB(A)
Áreas de Sítios e Fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: NBR10151

3.1.2 NBR 10152 – Níveis de ruído para conforto acústico

Os níveis de ruído para conforto acústico variam de ambiente para ambiente, de acordo com a sua função e, conseqüentemente, com as atividades que ali serão desenvolvidas.

Isto significa que os ruídos medidos no ambiente em questão não devem exceder o valor superior contido na Tabela 2 da NBR 10152. Esses valores estão em dB(A), decibels ponderados em A, e em NC, Noise Criterion.

Tratando-se de Igrejas e Templos, pela tabela da referida norma, o valor inferior é de 40 dB(A) e o valor superior é de 50 dB(A), portanto essa é a faixa de adequação do nível de ruído no ambiente, sem ocupação.

De acordo com a nota “a” do rodapé da tabela “o valor inferior da faixa representa o nível para conforto, enquanto que o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade” neste ambiente, e o valor superior da faixa que é de 50 dB(A) representa o nível sonoro aceitável. Para adequações mais rigorosas a norma indica as avaliações pelo NC, “Noise Criterion” que se baseia em procedimento de análises sonoras por faixas de frequências (Figura 33).

Figura 33 – Curvas de avaliação de ruído NC
(ABNT, 1987)

Tabela 2 - Valores dB(A) e NC

LOCAIS	dB(A)	NC
HOSPITAIS		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos	35 – 45	30 - 40
Laboratórios, Áreas para uso do público	40 – 50	35 - 45
Serviços	45 – 55	40 - 50
ESCOLAS		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35 – 45	30 - 40
Salas de aula, Laboratórios	40 – 50	35 - 45
Circulação	45 – 55	40 - 50
HOTÉIS		
Apartamentos	35 – 45	30 - 40
Restaurantes, Salas de Estar	40 – 50	35 - 45
Portaria, Recepção, Circulação	45 – 55	40 - 50
RESIDÊNCIAS		
Dormitórios	35 – 45	30 - 40
Salas de estar	40 – 50	35 - 45
AUDITÓRIOS		
Salas de concertos, Teatros	30 – 40	25 - 30
Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35 – 45	30 - 35
Restaurantes	40 – 50	35 - 45
ESCRITÓRIOS		
Salas de reunião	30 – 40	25 - 35
Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35 – 45	30 - 40
Salas de computadores	45 – 65	40 - 60
Salas de mecanografia	50 – 60	45 - 55
Igrejas e Templos (Cultos meditativos)	40 – 50	35 – 45
LOCAIS PARA ESPORTE		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 – 60	40 – 55

Notas: a) O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade. b) Níveis superiores aos estabelecidos nesta Tabela são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar risco de dano à saúde.

Fonte: NBR 10152

A medição do ruído do ambiente é feita de acordo com a NBR 10151 (ABNT, 2000) ou de acordo com a NBR 10152 (ABNT, 1987) no caso de NC.

3.1.3 Norma NBR 12179 - Tratamento acústico em recintos fechados

Esta norma orienta o tratamento acústico de recintos fechados a partir da adequação dos Tempos de reverberação nesse ambiente e dos níveis de ruído sem ocupação. Neste último aspecto ela remete às NBR 10151 e NBR 10152 já apresentadas neste trabalho.

No que diz respeito aos Tempos de reverberação ela estabelece valores recomendáveis conforme a finalidade do ambiente, mas não os procedimentos de medição, o que nos obriga a recorrer a uma norma internacional específica sobre esse assunto, a ISO 3382 (ISO, 1997), conforme se indica nesse trabalho no item 3.1.1.2.

Um dos aspectos mais importantes do tratamento acústico é a distribuição da energia sonora no ambiente, que se traduz por uma boa audibilidade para os ouvintes de qualquer local do ambiente e a um tempo de reverberação adequado de acordo com a utilização e função do ambiente.

3.1.4 Norma NBR 15575 – Edificações Habitacionais de até 5 pavimentos – Desempenho

A NBR 15575 é dividida em 6 partes que tratam dos seguintes temas:

1. Requisitos gerais;
2. Sistemas estruturais;
3. Sistemas de Pisos;
4. Sistemas de vedações verticais internas e externas;
5. Sistemas de coberturas;
6. Sistemas hidrossanitários.

Embora a norma vise edificações habitacionais de até 5 pavimentos, no que se refere a desempenho acústico, ela se aplica a edifícios residenciais com qualquer número de pavimentos. Neste trabalho ela serviu de referência para

grandezas, indicadores e métodos de avaliação de desempenho acústico, eventualmente aplicáveis às edificações para culto religioso.

Os Templos e Igrejas são caracterizados como locais destinados para a meditação e a oração, e por isso suas necessidades acústicas se assemelham às das edificações residenciais, que são locais destinados ao descanso e ao repouso.

Uma das finalidades importantes da norma é proporcionar conforto acústico aos usuários das edificações residenciais quanto a isolamento de ruídos aéreos por vedações externas e internas.

3.2 NORMA INTERNACIONAL

3.2.1 Organização Mundial de Saúde OMS

Nos Estados Unidos no início da década de 1970 a *EPA, Environmental Protection Agency*, estabeleceu níveis-critério de exposição de comunidades ao ruído. A *EPA* é base de legislações de seu país e de outros.

A Organização Mundial da Saúde, OMS, baseada nos níveis-critério de ruído estabelecidos pela *EPA* publicou em 1993 recomendações para a proteção aos ruídos, dividido em 3 grupos de critérios, que variam de 55 dB(A) a 45 dB(A) para o nível-critério L_{eq} (BISTAFA, 2011).

Percebe-se que as recomendações da OMS são mais restritivas do que as da NBR 10151(ABNT, 2000). Para o período noturno a OMS recomenda o nível-critério L_{eq} de 45 dB(A) em áreas habitadas enquanto que a norma brasileira permite o L_{eq} entre 45 dB(A) e 60 dB(A) em áreas habitadas de acordo com seu zoneamento.

3.2.2 Norma ISO 3382:1997 – Acoustic - Measurement of the reverberation time of a room with reference to other acoustical parameters – Complementar à norma NBR 12179.

A norma ISO 3382 estabelece os procedimentos de medição para o Tempo de reverberação calculado por meio da resposta impulsiva da sala.

3.3 LEGISLAÇÃO

No Brasil, a primeira providência legal contra a poluição sonora foi tomada através do decreto de 6 de maio de 1824, que trata do problema dos ruídos gerados pelos carros de bois. Este decreto “proibia o ruído permanente e abusivo da chiadeira dos carros dentro da cidade”, cuja pena variava de multa de oito mil réis até dez dias de cadeia. Caso o infrator fosse escravo, a penalidade correspondia a cinquenta açoites. (SALDIVA, 2010). Vale lembrar que a palavra chiadeira neste contexto tem o significado de “peça de carro de bois que fica junto ao eixo”(HOUAISS, 2010).

Já Em 1941, o decreto-lei nº 3.668 de 3 de outubro de 1941, se refere a penalidades para perturbação do trabalho ou sossego alheios, e da tranquilidade, por meio de ruídos (CARNEIRO, 2004).

A preocupação com o ruído no ambiente de trabalho como fator de risco à saúde se iniciou em 1966.

A lei nº 5161 de 21 de outubro de 1966, induziu pesquisas relativas ao tema saúde no ambiente de trabalho, através de Fundação destinada à criação e manutenção de um Centro Nacional de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho.

No ano de 1978 o Poder Público passou a considerar o ruído como um agente nocivo no ambiente de trabalho, por meio da Portaria nº 3214, Norma Regulamentadora nº15 (1978).

Posteriormente com o decreto nº 611/92 (regulamentação da lei nº 8213/91) o ruído começou a ser considerado como agente causador de doença profissional.

Leis, Resoluções e Decretos:

3.3.1 Resolução CONAMA nº 1/1990

“Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política” (BRASIL, 1990). Esta resolução é aplicada conforme os níveis de ruído estabelecidos na NBR 10151 de 1987 e NBR 10152 (ABNT, 1987).

A NBR 10151 (ABNT, 2000) substitui a NBR 10151 de 1987.

3.3.2 Resolução CONAMA nº 2/1990

“Institui em caráter nacional, o Programa Silêncio, visando a controlar o ruído excessivo que possa interferir na saúde e bem estar da população” (BRASIL, 1990).

3.3.3 Lei nº 11.501/1994

“Dispõe sobre o controle e a fiscalização das atividades que gerem poluição sonora; impõe penalidades, e dá outras providências” (SÃO PAULO, 1994).

3.3.4 Decreto nº 34.569/1994 - da Lei 11501/ 1994 (SÃO PAULO, 1994)

Dentro da questão urbana, o Programa de Silêncio Urbano PSIU, colocado em prática pelo decreto nº 34.569, de 6 outubro de 1994, foi complementado em 1996 pelo decreto nº 35.928 para combater a poluição sonora prejudicial ao conforto e à saúde humana. (SÃO PAULO, 1994)

3.3.5 Decreto nº 35.928/1996

Complemento ao Decreto nº 34.569/1994. Visa controlar e fiscalizar o ruído excessivo que possa interferir na saúde e bem-estar da população e atribuiu à Secretaria Municipal de Abastecimento - SEMAB, a coordenação do PSIU (SÃO PAULO, 1996).

3.3.6 Lei nº 11.986/1996

“Altera dispositivos da Lei n. 11.501, de 11 de abril de 1994, que dispõe sobre o controle e a fiscalização das atividades que gerem poluição sonora; impõe penalidades, e dá outras providências” (SÃO PAULO, 1996).

3.3.7 Lei nº 13190/2001

“Dispõe sobre o controle da poluição sonora emitida pelos templos de culto religioso, e dá outras providências” (SÃO PAULO, 2001). Aplicada conforme dispõe a NBR 10151(ABNT, 2000).

3.3.8 Lei 13287/2002

“Dispõe sobre a inclusão na Lei nº 13190 /2001, das multas a serem aplicadas aos templos de culto religioso no Município de São Paulo, concernente ao controle da poluição sonora emitida” (SÃO PAULO, 2002).

3.3.9 Lei nº 13.885/2004

“Estabelece normas complementares ao Plano Diretor Estratégico, institui os Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras, dispõe sobre o parcelamento, disciplina e ordena o Uso e Ocupação do Solo do Município de São Paulo” (SÃO PAULO, 2004).

O seguinte artigo foi extraído da Lei nº 13.885/ 2004:

Art. 174.

“A instalação de usos residenciais e não residenciais e a construção de edificações no território do Município deverão atender, simultaneamente, as seguintes disposições: I. parâmetros de incomodidade para os usos não residenciais - nR definidos nos Quadros nº 2/a a 2/h anexos para cada zona de uso, relativos:

- a) à emissão de ruído;
- b) ao horário para carga e descarga;
- c) à vibração associada;
- d) à potência elétrica instalada
- e) à emissão de radiação;
- f) à emissão de odores;
- g) à emissão de gases, vapores e material particulado;
- h) à emissão de fumaça; (...)”

4 - ESTUDOS DE CASO

Os estudos de caso foram de igrejas projetadas por arquitetos, a saber: Igreja de São Pedro e São Paulo, Igreja de São Domingos, e Igreja Adventista do Sétimo Dia de Vila Maria, respectivamente das religiões Católica, Católica de Ordem Dominicana, e Adventista do Sétimo Dia.

As igrejas escolhidas não se tratam de espaços adaptados com outra função original. O estudo do desempenho acústico de ambientes projetados especificamente para serem igrejas, pode revelar as necessidades acústicas não atendidas pelos projetos arquitetônicos.

As igrejas pesquisadas foram construídas a partir da segunda metade do século XX. As igrejas católicas seguem as alterações definidas no Concílio Vaticano II (1962-1965) quanto à posição do orador. Anteriormente usava-se o púlpito, nas laterais da nave. Depois passou a ser no altar de frente para os fiéis. As orações deixaram de ser em latim e passaram a ser proferidas no idioma local de cada igreja.

Os resultados dos estudos de caso são apresentados no capítulo 5.

4.1 IGREJA DE SÃO PEDRO E SÃO PAULO

4.1.1 Histórico da igreja São Pedro e São Paulo

A igreja foi construída em terreno cedido em comodato pela prefeitura de São Paulo em 1967, no Bosque do Morumbi, atual Parque Alfredo Volpi, localizada na Rua do Bosque, nº 31, (Figuras 34) em zoneamento ZM, zona Mista de média densidade (Figura 35), e nos arredores o zoneamento ZER - 1, Zona Exclusivamente Residencial de Baixa Densidade (SEMPA, 2004).

Figura 34 – Em “A” localiza-se a Igreja São Pedro e São Paulo, em vermelho (GOOGLE MAPS, 1998)

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

ZER-1 Zona Exclusivamente Residencial
Baixa Densidade

ZM-2 Zona Mista de Média Densidade

ZEPAM Zona Especial de Proteção
Ambiental

● Igreja São Pedro e São Paulo

Figura 35 - Uso e ocupação do solo: zoneamento (SEMPA, 2004)

A comissão de obras da igreja escolheu inicialmente o arquiteto Oswaldo Bratke para desenvolver o projeto arquitetônico, porém, após as definições iniciais do projeto, Oswaldo indicou seu filho Carlos Bratke para substituí-lo.

Os arquitetos Carlos Bratke, Lauresto Esher e Renato Lenci desenvolveram o projeto da igreja em 1968 e o período de obra foi de 1968 a 1977 (BRATKE, 1985).

O projeto inicial vislumbrava a participação de artistas internacionais, como o pintor Salvador Dali, que desenvolveria o projeto do mobiliário, os trabalhos de pintura, e a pintura das roupas dos padres. Os vitrais da igreja seriam propostos pelo pintor russo Marc Chagall. Os artistas nacionais contactados foram Wesley Duke Lee, Maria Bonomi e José Rezende (BRATKE, 1985). Porém, com as mudanças dos líderes religiosos na igreja, o planejamento iniciado pelo Padre Godinho se perdeu com o seu sucessor (A+U, 1983, p.111).

Os elementos de madeira referentes a trabalhos de marcenaria, como os bancos da igreja, foram desenvolvidos pelo Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo (Figura 36).

Figura 36 – Bancos de madeira desenvolvidos pelo Liceu de Artes e Ofícios de São Paulo
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

Na entrada da igreja foi instalado o painel em cerâmica *Anunciação à Virgem*, do artista Fulvio Penacchi (Figuras 37 e 38), finalizado em 1983 e doado à igreja. (MERCADO ARTE, 2012).

Figura 37 – Entrada da igreja São Pedro e São Paulo: à esquerda, painel em cerâmica *Anunciação à Virgem*, do artista Fulvio Penacchi
(Fotografia: Sandra Moscati – acervo pessoal)

Figura 38 – Painel em cerâmica *Anunciação à Virgem*, do artista Fulvio Penacchi
(Fotografia: Sandra Moscati – acervo pessoal)

4.1.2 Projeto da Igreja São Pedro e São Paulo

A igreja São Pedro e São Paulo (Figura 39) foi executada em concreto aparente, técnica muito utilizada no período em que foi construída (BRATKE, 1985).

Figura 39 – Croquis da igreja São Pedro e São Paulo, por Carlos Bratke (BRATKE, 1985)

A planta da nave da igreja é em formato de elipse e o piso de tábuas corridas; a cobertura de duas águas é em calhetões pré-moldados de concreto e de formato convexo na face interna com repetições modulares (Figura 40).

O projeto original previu vidros translúcidos nos caixilhos das janelas dispostos de maneira a permitir ventilação natural e cruzada na nave da igreja.

Figura 40 – Nave Igreja São Pedro e São Paulo (Fotografia: Sandra Moscati – acervo pessoal)

Porém, devido a solicitações dos usuários, foi inserido um sistema de condicionamento de ar para diminuir a temperatura na nave durante o verão. Para isto, os vidros translúcidos foram substituídos por vitrais, interrompendo a troca de ar natural na nave. As portas de acesso lateral (Figuras 41 e 44) e frontal (Figuras 42 e 44) permitem a circulação de ar natural, permanecendo abertas durante o funcionamento da igreja.

Figura 41 – Igreja São Pedro e São Paulo: Acesso lateral à nave
(Fotografia: Sandra Moscati – acervo pessoal)

Figura 42 – Igreja São Pedro e São Paulo: entrada principal à direita e nave à esquerda (Fotografia: Sandra Moscati – acervo pessoal)

4.1.3 Plantas da Igreja São Pedro e São Paulo

Figura 43 – Implantação (BRATKE, 1985)

Figura 44 – Planta baixa da igreja (BRATKE, 1985)

4.1.4 Acústica da Igreja São Pedro e São Paulo

O tratamento acústico na nave da igreja foi projetado pelo Engenheiro-Arquiteto Igor Sresnewsky. Foram contactados o Arquiteto Carlos Bratke e o sucessor de Igor, o Engenheiro Alexandre Sresnewsky, mas não foi possível localizar o projeto.

Por meio de inspeção visual no local constatou-se que sobre as paredes laterais da igreja há uma parede em gesso acartonado com furos circulares de 1 cm de diâmetro, e material fibroso atrás da mesma. O afastamento entre as paredes varia, chegando a 34 cm. A disposição geométrica dos furos circulares não é homogênea. Encontram-se dispostos em duas modulações, uma composta por furos distantes 15 cm entre si, e outra com furos distantes 30 cm entre si (Figuras 50 a 53). As paredes com furos constituem-se *Ressonadores de cavidade ou de Helmholtz*, com absorção interna (Figura 45). Inserindo-se material absorvente na cavidade do ressonador aumenta-se a faixa de frequência de absorção.

Figura 45 – Ressonador de cavidade ou de Helmholtz (JOSSE, 1975)

Dessa forma os painéis perfurados absorvem os sons em variadas frequências, devido à variação no espaço de separação das paredes do fundo. Quanto maior o espaço, mais baixa a frequência a ser absorvida (EVEREST; POHLMANN, 2009).

O ambiente é sonorizado por quatro caixas acústicas distribuídas nas laterais direita e esquerda da nave para que o som direto amplificado atinja os locais mais distantes do púlpito (Figura 46).

Figura 46 – Caixa acústica, indicada na cor vermelha
(Fotografia: Sandra Moscati – acervo pessoal)

Verificou-se que o espaçamento entre os furos diminui nas extremidades da nave (Figuras 44).

Foi realizado o estudo geométrico dos raios sonoros incidentes e refletidos nas paredes da nave para simular o comportamento acústico da sala em função do formato côncavo das paredes laterais. Este estudo foi feito com o uso do programa computacional AUTOCAD, utilizando-se as propriedades da ótica geométrica aplicadas à acústica.

Na figura 47 tem-se a planta da nave com os raios sonoros incidentes, em vermelho, e refletidos, em verde e azul.

Figura 47 – Estudo geométrico dos raios sonoros na nave baseados na planta da igreja

Considerou-se a fonte sonora no altar, no local onde há o púlpito construído em pedra. Pela Figura 48 pode-se verificar que não houve focalização do som em áreas distintas na nave em decorrência da superfície da parede esquerda.

Observa-se na parede do fundo à esquerda da nave, e na entrada da igreja pontos de focalização do som, não interferindo na qualidade sonora interna do ambiente.

Figura 48 – Estudo geométrico dos raios sonoros na nave baseados na planta da igreja (lateral direita)

A Figura 49 mostra que apenas no fundo da nave à direita, há área de focalização do som.

Figura 49 – Estudo geométrico dos raios sonoros na nave baseados na planta da igreja (lateral esquerda)

Dessa forma verifica-se a interferência do formato côncavo das paredes na nave na homogeneidade da distribuição sonora no ambiente.

Já o forro em formato convexo, como ilustrado na figura 40, colabora com a difusão sonora no ambiente.

Figura 50 - Detalhe furos nas paredes laterais

Figura 51 - Detalhe Distância entre furos: 15 cm

Figura 52 – Distância entre furos: 30 cm

Figura 53 – Distância entre furos: 30 cm

4.2 IGREJA DE SÃO DOMINGOS, SÃO PAULO. – ARQTO. FRANZ HEEP (1902-1978)

4.2.1 Histórico da Igreja de São Domingos

“Raros edifícios religiosos se destacam em São Paulo. Este de sobriedade tem no concreto um de seus elementos expressivos.” (CORONA; LEMOS, 1963)

A igreja de São Domingos está localizada à Rua Caiubi, no bairro de Perdizes em São Paulo (Figura 54), e é um edifício tombado como monumento de interesse histórico, artístico, paisagístico e cultural pelo CONDEPHAAT, através da Resolução SC 20/88 (Figura 55).

Figura 54 - Em “A” localiza-se a Igreja São Domingos, e em “B” localiza-se a rua Cardoso de Almeida; em verde (GOOGLE MAPS,1998).

Para a construção da Igreja de São Domingos, os dominicanos realizaram um concurso com o objetivo de selecionar um projeto para a igreja, o qual o vencedor foi o projeto do arquiteto Sérgio Bernardes. Porém a Comissão de Arte Sacra da Cúria não aprovou o referido projeto. O arquiteto alemão Adolf Franz Heep, que chegou ao Brasil em 1947, foi contactado para apresentar um novo projeto aos dominicanos.

Figura 55 – Uso e ocupação do solo, subprefeitura Lapa (SEMPLA, 2004)

O projeto então apresentado por Heep em 1953, modernista, foi baseado na proposta por ele elaborada para a nova igreja Nossa Senhora do Perpétuo do Socorro, no Jardim Paulistano, mas que havia sido rejeitada.

O projeto de Franz Heep também não foi aceito pela Comissão de Arte Sacra da Cúria Metropolitana. No entanto, o Frei da igreja, Domingos Maia Leite, recorreu ao arcebispo de São Paulo, e o projeto foi mantido (BARBOSA, 2002).

O projeto da igreja São Domingos foi realizado em colaboração com o arquiteto Elgson Ribeiro, natural de Florianópolis, que trabalhou com Franz Heep de 1950 a 1959. Heep também tinha contato e amizade com o arquiteto Rino Levi (GNOATO, 1997).

... belo projeto de Franz Heep, de 1953. Passo pela sutil cruz embutida em cima da enorme porta de vidro e desço pelo pé direito imenso e iluminado pelas generosas aberturas laterais até ao altar. Contudo, o que mais me agrada é a torre lateral altíssima (Figura 56), toda vazada, e que é um marco visual lindamente “optical”, quando iluminada à noite. Pode ser vista e admirada da Pompéia, Perdizes, Pacaembu e Higienópolis. Passa batido pelos moradores anestesiados da metrópole (MARTINS, 2009).

Figura 56 – Torre lateral à Igreja de São Domingos:
vazados com desenho da cruz no topo
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

A estátua de São Domingos que compõe a fachada da igreja é obra do escultor italiano Vangi.

4.2.2 Projeto da Igreja de São Domingos

A Igreja de São Domingos foi projetada em concreto aparente, mas na execução utilizou-se revestimento com massa para corrigir os defeitos de concretagem (UGAYA, 1966).

A fachada principal possui grandes portas com caixilhos de aço e panos de vidro que permitem a entrada de luz no grande volume interno da igreja (Figura 57), e que em conjunto com os caixilhos das fachadas laterais, compõem a iluminação natural da edificação (Figura 58). O desenho da cruz na fachada, acima da porta de entrada, consiste numa abertura do concreto vedado com vidro. A composição de luz natural no interior da igreja cria um ambiente com grandes contrastes de iluminação.

Figura 57 – Igreja de São Domingos: fachada
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

O piso é revestido em pedra mineira, e o mobiliário interno da igreja é composto por bancos em madeira, mesa em pedra bruta no altar e púlpito em madeira. Os confessionários possuem parede lateral revestida em pedra, e os caixilhos das janelas são em aço, com fechamento em vidro (Figuras 57 e 61).

Figura 58 – Igreja de São Domingos: vista interna da entrada
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

Figura 59 – Igreja de São Domingos: vista interna do altar
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

4.2.3 Plantas e Cortes da Igreja de São Domingos

A planta, em linhas gerais, tem essa conformação e apresenta a seguinte distribuição:

1. plataforma de entrada	7. altar principal
2. torre / secretaria	8. altares laterais
3. batistério	9. côro
4. assistência	10. sacristia com gaveteiros
5. confessionários	11. parede de fundo / cruz
6. bancos comungatórios	12. escada para andar superior / capela
	13. escada para sub-solo

Figura 60 – Igreja de São Domingos: planta baixa
(Ugaya, 1966)

Figura 61 – Igreja de São Domingos: cortes longitudinal e transversal
(Ugaya, 1966)

4.2.4 Acústica da Igreja de São Domingos

O projeto original da igreja não contemplou tratamento acústico. No fim da década de 1990 a Igreja de São Domingos realizou consultoria junto ao IPT e instalou placas de espuma flexível de poliuretano a 3 metros do piso nas paredes laterais e do fundo da nave (Figura 62).

Figura 62 – Igreja de São Domingos: revestimento acústico nas paredes laterais e do fundo da igreja
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

4.3 IGREJA ADVENTISTA DO SÉTIMO DIA DE VILA MARIA – IASD

4.3.1 Histórico da IASD de Vila Maria

A Igreja Adventista do Sétimo Dia de Vila está localizada em São Paulo na Rua Amambaí, 256, Vila Maria, em Zona Predominantemente Industrial – ZPI.

Figura 63 - Localização da IASD de Vila Maria: foto aérea (GOOGLE MAPS, 1998)

Foi inaugurada no ano de 2005 e é uma edificação de 4 pavimentos (Figura 63). A nave da igreja fica no primeiro Pavimento. O projeto é do Engenheiro Eduardo Wohlers e equipe.

A IASD de Vila Maria está situada próxima à Marginal do Tietê e à Rodovia Presidente Dutra (Figuras 63, 64 e 66).

O culto religioso na IASD dá maior ênfase à música do que o da Igreja Católica. A palavra falada possui a mesma importância em ambas as religiões. Há uma banda musical (instrumental) que acompanha um grupo vocal de aproximadamente oito cantores. A banda é composta por percussão, bateria, instrumentos de sopro, guitarra, violão, baixo e piano e produz um nível sonoro maior que o coral, piano elétrico ou órgão das cerimônias católicas tradicionais. Nas

igrejas adventistas a maioria das orações é realizada através da música litúrgica. A arquitetura desses locais deve propiciar condições físicas adequadas à acústica, para os ambientes interno e externo à nave, em conjunto com os recursos utilizados de amplificação sonora.

Figura 64 - Uso e ocupação do solo: zoneamento
(SEMPA, 2004)

Figura 65 - Fachada da IASD de Vila Maria e entorno
(GOOGLE MAPS, 1998)

Figura 66 - Entorno IASD de Vila Maria
(GOOGLE MAPS, 1998)

4.3.2 Projeto da IASD de Vila Maria

Área do Terreno: 2.372,45 m²

Área total construída computável: 3.994,51 m²

Número de Pavimentos: 4

Área da nave da igreja: 420,00 m²

Assentos: 450

A nave da IASD de Vila Maria está localizada no primeiro pavimento e foi construída com alvenaria de blocos cerâmicos, cobertura em telha metálica tipo sanduíche, piso da plateia em concreto revestido com carpete, paredes com revestimento texturizado à base de polímeros acrílicos sobre emboço e reboco. Os caixilhos com vidros fixos são cobertos com cortinas drapeadas, piso do altar revestido com pedra polida e porcelanato, e forro em gesso acartonado (Figura 67 a 73). Há um hall de entrada que antecede a nave, com piso de porcelanato e paredes em alvenaria revestidas com emboço, reboco e pintura, que é acessado por meio de escadas revestidas com pedra polida.

Os caixilhos do hall de entrada da nave são fixos.

Figura 67 – IASD de Vila Maria vista interna: forro em gesso acartonado, caixilhos cobertos com cortinas drapeadas
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

Figura 68 – IASD de Vila Maria: vista externa dos caixilhos da nave
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

Figura 69 – Imagem da nave da igreja: revestimento e desníveis dos pisos
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

4.3.3 Plantas e Cortes da IASD de Vila Maria

Figura 70 – Planta da nave da IASD de Vila Maria

Figura 71 – Corte longitudinal da nave da IASD de Vila Maria

Figura 72 – Corte transversal da nave da IASD de Vila Maria

4.3.4 Acústica da IASD de Vila Maria

O engenheiro responsável pela obra da igreja informou que há um projeto de acústica da igreja, porém somente a parte do forro de gesso acartonado (Figura 73) e a telha metálica tipo sanduíche foram implantados. O projeto de acústica contempla material difusor e absorvedor na parede do fundo da nave e em parte das paredes laterais, composto de placas de lã de rocha 50 mm, densidade 32 kg/m³ sobre ripado de madeira, e portas acústicas metálicas com isolamento de 45 dB para o acesso à nave.

Para compensar a ausência deste tratamento acústico, os caixilhos foram cobertos com cortinas drapeadas. O piso da plateia revestido em carpete, os caixilhos de vidro vedados e o hall de entrada da nave foram contemplados no projeto arquitetônico.

Figura 73 – Nave: vista do forro
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

4.4 MÉTODO

Esta parte do trabalho trata da pesquisa empírica, em que a acústica das igrejas foi avaliada por meio de medições e de acordo com as NBR 10151 (ABNT, 2000), NBR 10152 (ABNT, 1987) e ISO 3382 (ISO, 1997).

Nesta pesquisa utiliza-se o filtro de ponderação em “A” nas medições de nível sonoro equivalente.

O que foi medido:

- a. Níveis de ruído de acordo com a NBR 10151 (ABNT, 2000);
 - nível de ruído ambiente L_{ra} em frente às igrejas;
 - nível de ruído ambiente interno L_{ri} na nave das igrejas (notação não existente em norma, porém sugerida neste trabalho);
 - nível de pressão sonora corrigido L_c ¹ em frente às igrejas;
 - nível de pressão sonora equivalente na nave das igrejas L_{Aeqi} (notação não existente em norma, porém sugerida neste trabalho)
- b. Tempo de Reverberação RT_{60} de acordo com norma ISO 3382 (ISO, 1997).
 - Tempo de Reverberação RT_{60} na nave das igrejas conforme a norma

Os parâmetros acústicos medidos foram avaliados da seguinte forma:

- nível de ruído ambiente interno L_{ri} e do entorno das igrejas de acordo com as normas NBR 10152 (ABNT, 1987) e NBR 10151 (ABNT, 2000) respectivamente;
- nível de pressão sonora equivalente em frente às mesmas de acordo com a norma NBR 10151 (ABNT, 2000) e a lei nº13885 (SÃO PAULO, 2004);
- Tempo de Reverberação nas naves das igrejas de acordo com os valores estabelecidos como Tempos Ótimos de Reverberação na NBR 12179 (ABNT, 1992).

¹ Segundo o item 5.4.1 da NBR 10151 (ABNT, 2000) o nível de pressão sonora corrigido L_c para ruídos sem caráter impulsivo e sem componentes tonais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente L_{Aeq} .

Os níveis de ruído ambiente, L_{ra} e L_{ri} , e de nível sonoro equivalente, L_{Aeqi} e L_c foram calculados no intervalo de tempo de 5 minutos.

4.4.1 Material

O material desta pesquisa consistiu em:

- 1) Analisador de áudio *Phonic Professional Audio Analyzer – PAA6*, número de série #BAO 0K70477 – CE (Figura 74);
- 2) Tripé Fancier aluminum– Ft365 (Figura 75);
- 3) Bexigas de látex redondas nº11 (Figura 76);

Figura 74 – Analisador de áudio *Phonic Professional Audio Analyzer – PAA6* (esquerda). Visor do instrumento de medição ao término da medição do nível de ruído (direita).
(Fotografias: Sandra Moscati - acervo pessoal)

Figura 75 – Tripé Fancier aluminum – Ft365
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

Figura 76 – Bexigas de látex redondas Φ0,28 m
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

4.4.2 Procedimentos

As medições dos níveis de ruído ambiente e dos níveis de pressão sonora equivalente, com filtro de ponderação em “A”, foram realizados em cinco etapas, com o analisador profissional de áudio *Phonic PAA 6*, montado sobre um tripé a uma altura de 1,20 m do piso.

A primeira etapa consistiu nas medições do nível de ruído ambiente externo às três igrejas, L_{ra} . O equipamento de medição, tripé e o *Phonic PAA*, foi montado na calçada da via pública, em frente à entrada principal.

Mediram-se os níveis de ruído ambiente nestes locais em horários próximos aos dos cultos religiosos de cada estudo de caso. Os resultados obtidos foram anotados e, quando possível, fotografados, pois o *Phonic PAA 6* não salva estes dados (Figura 77).

Figura 77 – Anotação dos resultados durante as medições
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

A segunda etapa consistiu na medição do nível de pressão sonora equivalente no mesmo local da primeira etapa, L_c , ou seja, a medição do nível sonoro externo à igreja durante o seu funcionamento. Foi escolhido o momento de maior nível sonoro do culto religioso caracterizado pela presença de música litúrgica.

A medição foi realizada no mesmo local da primeira etapa para que se verificar a presença ou não de incômodo à vizinhança pela igreja como fonte sonora.

A terceira etapa consistiu na medição do nível de pressão sonora equivalente na nave com as igrejas ocupadas, o L_{Aeqi} durante o culto religioso no momento da música litúrgica. Nesta etapa as dificuldades apresentadas foram de ordem operacional, como o acionamento do equipamento no momento do louvor, a montagem e desmontagem do equipamento, e a circulação no local durante a missa. Para a concretização desta etapa foram necessários vários contatos e reuniões para agendar visitas ao local, assim como visitas às igrejas nos horários dos cultos para compreender a dinâmica e a estrutura das cerimônias.

A quarta etapa consistiu nas medições dos níveis de ruído ambiente interno (Figura 78), que neste trabalho será identificado por L_{ri} em razão de não ser previsto em norma, em três pontos distintos da nave desocupada.

A quinta etapa consistiu na medição do Tempo de Reverberação RT_{60} com as igrejas desocupadas, em três pontos distintos da nave, com três medições para cada ponto. O Tempo de Reverberação foi medido por meio da resposta impulsiva das naves das igrejas, foi obtida através da excitação sonora do local com o estouro de bolas de látex redondas, de 0,28 m de diâmetro. Foram utilizadas bolas de látex com estas especificações por possibilitarem o nível sonoro adequado para o cálculo do decaimento sonoro de 30 dB, além da varredura do impulso sonoro nas faixas de 20Hz a 20000Hz.

Figura 78 – Medição do L_{ri} e do Tempo de reverberação com a igreja desocupada
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

Os tempos de reverberação e os níveis de ruído ambiente e de pressão sonora equivalente de cada ponto de medição foram calculados pela média dos valores coletados por cada microfone. Para os resultados das medições na nave do L_{ri} e RT_{60} calculou-se a média aritmética dos pontos de medição.

A dificuldade da coleta de dados ocorreu nas naves mais ruidosas e nos espaços pouco reverberantes. Isto porque para a medição do tempo de reverberação pelo *Phonic PAA 6* é necessário que haja um decaimento de 30 dB após o impulso sonoro. Nos locais em que o nível de ruído ambiente era superior a 45 dB(A) foi difícil atingir esta diferença de nível sonoro em decibéis entre o impulso sonoro e o nível de ruído ambiente. Para solucionar este problema realizaram-se medições nos momentos de redução do tráfego de veículos no local em virtude da presença de semáforos nas vias próximas.

Nos locais pouco reverberantes algumas medições foram descartadas por não terem atingido o decaimento sonoro necessário. O procedimento foi repetido até que se conseguisse a coleta dos dados.

4.4.3 Localização dos pontos de medição dos três estudos de caso

a. Igreja São Pedro e São Paulo

As medições externas (L_{ra} e L_c) foram realizadas em frente à porta de acesso principal da igreja São Pedro e São Paulo que está voltada à Rua Engenheiro Oscar Americano próximo à entrada do Túnel Presidente Jânio Quadros (Figura 79). Esta rua rede é classificada como via estrutural categoria N3 (SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO, 2003), com trânsito em dois sentidos e velocidade máxima permitida para os veículos de 70 km/h.

Figura 79 – Medição do L_{ra} externo à igreja (esquerda); entrada no Túnel próximo à entrada da igreja voltada à Avenida Eng. Oscar Americano (direita).
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

As medições de RT_{60} e L_{ri} foram realizadas nos pontos indicados em azul; a fonte sonora em vermelho (Figura 80).

A medição do L_{Aeqi} foi realizada em um único ponto, próximo ao ponto P02 da Figura 80.

Figura 80 – Pontos de medição do RT_{60} e L_{ri} na Igreja São Pedro e São Paulo.

b. Igreja São Domingos

As medições externas (L_{ra} e L_c) foram realizadas em frente à porta de acesso principal da igreja São Domingos que está voltada à Rua Caiubi (Figuras 81 a 83). O tráfego na rua Caiubi, classificada como via coletora (SECRETARIA MUNICIPAL DA HABITAÇÃO, 2007), é discreto com predominância de automóveis. A rua Cardoso de Almeida, via coletora (SECRETARIA MUNICIPAL DA HABITAÇÃO, 2007) com tráfego de veículos nos dois sentidos, está localizada a aproximadamente 75 metros da rua Caiubi onde está situada a Igreja de São Domingos, e possui tráfego intenso de automóveis e ônibus.

Figura 81 – Medição externa (esquerda); perspectiva da Rua Caiubi (direita).
(Fotografia esquerda: Sandra Moscati - acervo pessoal; esquerda: GOOGLE MAPS, 1998).

Figura 82 – Medição externa durante música litúrgica: Porta de acesso na rua Caiubi, Perdizes. (Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

Figura 83 – Igreja de São Domingos: vista interna lado esquerdo da nave e coral ao fundo (Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

As medições de RT_{60} e L_{ri} foram realizadas nos pontos indicados em azul; a fonte sonora em vermelho (Figura 84).

A medição do L_{Aeqi} foi realizada em um único ponto, próximo ao ponto P02 da Figura 84.

Figura 84 – Pontos de medição do RT_{60} e L_{ri} na Igreja São Domingos

c. Igreja Adventista do Sétimo Dia

As medições externas (L_{ra} e L_c) foram realizadas em frente à porta de acesso principal da igreja Adventista do Sétimo Dia de Vila Maria que está voltada à Rua Amambai (Figura 85). O tráfego na rua Amabai é discreto embora haja circulação ocasional de veículos pesados pelo fato da rua estar localizada em uma zona predominantemente industrial.

Figura 85 – Medição externa (esquerda) (Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal). Perspectiva da Rua Amambai (direita) (GOOGLE, 1998)

As medições de RT_{60} e L_{ri} foram realizadas nos pontos indicados em azul; a fonte sonora em vermelho (Figura 86).

Figura 86 – Pontos de medição do RT_{60} e L_{ri} na IASD

A medição do L_{Aeqi} foi realizada em um único ponto (ver Figura 87), situado próximo ao ponto P02 da Figura 86.

Figura 87 – Medição do nível sonoro (L_{Aeqi}) com a igreja em funcionamento, com coral e banda musical localizados no altar
(Fotografia: Sandra Moscati - acervo pessoal)

5 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os dados coletados nas medições referentes a cada igreja. Os resultados são analisados tendo como referência os valores contidos nas normas brasileiras NBR 12179 (ABNT, 1992), NBR 10151 (ABNT, 2000), NBR 10152 (ABNT, 1987) e os valores ideais recomendados pela literatura. As análises são feitas de forma individual e comparativamente entre as três igrejas para as medições: L_{ra} , L_{ri} , L_c e L_{Aeqi} e RT_{60} .

Complementarmente, os dados coletados nas três igrejas são apresentados no formato de gráficos contendo:

- 1) Diferentes níveis de ruído referentes a uma mesma igreja sendo apresentadas as seguintes relações entre as medições por bandas de frequência de 31 Hz a 16 kHz:
 - a. L_{ra} e L_{ri}
 - b. L_{ra} e L_c
 - c. L_{ri} e L_{Aeqi} .
- 2) Comparação entre os níveis de ruído referentes às três igrejas.

5.1 IGREJA SÃO PEDRO E SÃO PAULO

5.1.1 Nível de ruído ambiente L_{ra} e nível de ruído ambiente interno L_{ri}

Os valores obtidos foram:

$$L_{ra} = 70 \text{ dB(A)}$$

$$L_{ri} = 55 \text{ dB(A)}$$

A medição mostrou que o tráfego de automóveis nesta rua gera L_{ra} de 70 dB(A), valor acima do nível-critério de 45 dB(A) estabelecido pela Organização Mundial de Saúde para áreas habitadas; também está acima do nível de critério de avaliação (NCA) de 55 dB(A) indicado na Tabela 1 da NBR10.151 (ABNT, 2000) ,

para área mista predominantemente residencial no período diurno. Dessa forma foi adotado o L_{ra} medido no local, conforme recomendado no item 6.2.4 da NBR10.151 (ABNT, 2000).

O nível de ruído ambiente interno L_{ri} medido na nave da igreja foi de 55 dB(A). A NBR 10152 (ABNT, 1987) adota como nível sonoro de conforto acústico para igrejas e templos o valor de 40 dB(A), e o limite superior de até 50 dB(A) como aceitável. Portanto, o nível de ruído de 55 dB(A) medido na nave da igreja não atende a NBR 10152 (ABNT, 1987).

O gráfico 3 revela que o nível de ruído ambiente na nave L_{ri} é decorrente do nível de ruído ambiente L_{ra} em frente à igreja o que é acentuado pelo fato da porta de acesso permanecer aberta durante o horário de funcionamento da igreja, inclusive durante as missas.

Gráfico 3 – Resultado de L_{ra} e L_{ri} da Paróquia São Pedro e São Paulo por banda de frequência

5.1.2 Nível de ruído ambiente L_{ra} e nível de pressão sonora equivalente L_c

Os valores obtidos foram:

$$L_{ra} = 70 \text{ dB(A)}$$

$$L_c = 71 \text{ dB(A)}$$

O nível de ruído ambiente L_{ra} e o nível de pressão sonora equivalente L_c medidos em frente à igreja antes da missa e durante a missa no momento da liturgia cantada, respectivamente, indicam que a igreja não funciona como fonte sonora para o entorno. Os valores obtidos em ambas as medições praticamente não se alteraram conforme mostra o Gráfico 4.

Gráfico 4 – Resultado de L_{ra} e L_c da Paróquia São Pedro e São Paulo por banda de frequência

O valor obtido do L_c foi similar ao do nível de ruído ambiente L_{ra} . Isso demonstra que o L_{ra} está 10 dB(A) ou mais acima do L_c , pois a soma de ambos resultou no mesmo valor que o L_{ra} , ou seja, o nível sonoro produzido pela igreja, neste caso, é inclusivo.

5.1.3 Nível de ruído ambiente interno L_{ri} e nível de pressão sonora equivalente interna L_{Aeqi}

Os valores obtidos nas medições foram:

$$L_{ri} = 55 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeqi} = 69 \text{ dB(A)}$$

O Gráfico 5 revela que as bandas de frequência de 250 Hz e 500 Hz, que são as mais importantes para a boa discriminação auditiva, têm uma boa relação sinal/ruído¹. Em relação às frequências relacionadas ao espectro da voz humana, que vão de 125 Hz a 8000 Hz (BARRON, 1993), apenas a banda de frequência de 125 Hz foi prejudicada na relação sinal/ruído.

Gráfico 5 – Resultado de L_{Aeqi} e L_{ri} da igreja São Pedro e São Paulo por banda de frequência.

A relação sinal/ruído na nave foi de 14 dB(A), valor considerado favorável à inteligibilidade da palavra falada para pessoas sem deficiência auditiva (BENTLER, 2000).

¹ O *signal* é o nível de som interno com a igreja em funcionamento L_{Aeqi} , e o *ruído* é o nível de ruído ambiente L_{ri} .

5.2 IGREJA DE SÃO DOMINGOS

5.2.1 Nível de ruído ambiente L_{ra} e nível de ruído ambiente interno L_{ri}

Os valores obtidos foram:

$$L_{ra} = 51 \text{ dB(A)}$$

$$L_{ri} = 41 \text{ dB(A)}$$

O nível de ruído ambiente L_{ra} medido em frente à Igreja de São Domingos foi de 51 dB(A). Os valores obtidos por faixas de frequência caracterizam o ruído que decorre principalmente do tráfego dos veículos que circulam pela Rua Cardoso de Almeida que tem o tráfego mais intenso do que o da Rua Caiubi (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Resultado de L_{ra} e L_{ri} da Igreja de São Domingos por banda de frequência

A medição mostrou que o nível de ruído ambiente da nave L_{ri} decorre do nível de ruído ambiente externo L_{ra} .

5.2.2 Nível de ruído ambiente externo L_{ra} e nível de pressão sonora equivalente L_c

Os valores obtidos foram:

$$L_{ra} = 51 \text{ dB(A)}$$

$$L_c = 50 \text{ dB(A)}$$

A medição do nível de ruído ambiente em frente à igreja revelou que a igreja durante a missa não afeta o nível sonoro em frente à igreja.

Os dados coletados apresentados no Gráfico 7 revelam que em frente à igreja o nível de ruído ambiente (Figuras 82 a 84) mascara o som emitido pela igreja durante a missa, e dessa forma não representa acréscimo no nível de ruído medido na via.

Gráfico 7 - Resultado de L_{ra} e L_c da Igreja de São Domingos por banda de frequência

5.2.3 Nível de ruído ambiente interno L_{ri} e nível de pressão sonora equivalente

L_{Aeqi}

Os valores obtidos foram:

$$L_{ri} = 41 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeqi} = 64 \text{ dB(A)}$$

O nível de ruído ambiente interno da igreja é decorrente do nível de ruído ambiente externo, não havendo a interferência da presença de sistema de condicionamento de ar para contribuir com o ruído ambiente interno do local. A arquitetura da igreja interfere diretamente no nível de ruído ambiente.

O nível de ruído ambiente medido na nave foi de 41 dB(A). A diferença de nível sonoro entre o nível de ruído ambiente interno L_{ri} e o nível de pressão sonora equivalente L_{Aeqi} durante o momento da música litúrgica (Gráfico 8), revela que o nível de ruído ambiente externo L_{raq} não prejudica a relação sinal/ruído na nave.

Gráfico 8 - Resultado de L_{Aeqi} e L_{ri} da Igreja de São Domingos por banda de frequência

Na parte da missa em que havia a música litúrgica, o nível de pressão sonora equivalente medido foi de 64 dB(A), o que revela um nível sonoro adequado ao local, pois atende a norma NBR 10151 (ABNT, 2000) quanto ao nível de emissão sonora permitido no local nos períodos diurno e noturno em frente à igreja. O som

gerado pelo coral e pelo orador no púlpito é distribuído pela nave por meio do som direto e refletido, e por meio de caixas de som dispostas ao longo do eixo longitudinal da nave, a 2,0 metros de altura.

5.3 IGREJA ADVENTISTA DO SÉTIMO DIA DE VILA MARIA

5.3.1 Nível de ruído ambiente L_{ra} e nível de ruído ambiente interno L_{ri}

Os valores obtidos foram:

$$L_{ra} = 62 \text{ dB(A)}$$

$$L_{ri} = 34 \text{ dB(A)}$$

Os valores medidos dos níveis de ruído ambiente interno e externo à igreja mostram que há uma diferença expressiva entre ambos (Gráfico 9). A arquitetura da igreja e as condições de uso colaboram para a redução do nível de ruído ambiente interno na nave.

Gráfico 9 – Resultado de L_{ra} e L_{ri} da Igreja Adventista do Sétimo Dia por banda de frequência

Com relação à arquitetura: as janelas da nave são vedadas e não possuem sistemas de abertura; a nave possui hall de entrada.

5.3.2 Nível de ruído ambiente L_{ra} e nível de pressão sonora equivalente L_c

Os valores obtidos foram:

$$L_{ra} = 62 \text{ dB(A)}$$

$$L_c = 61 \text{ dB(A)}$$

O nível de ruído ambiente L_{ra} medido em frente à Igreja Adventista do Sétimo Dia de Vila Maria comparado ao nível de pressão sonora equivalente L_c medido no mesmo local durante o culto religioso no momento do louvor (Figura 85) revelou que a igreja em funcionamento não é uma fonte de ruído para o entorno (Gráfico 10). Dessa forma percebe-se que o nível de pressão sonora equivalente emitido pela igreja durante o louvor é mascarado pelo nível de ruído ambiente. Durante a medição do L_{ra} verificou-se circulação de pessoas no local, o que pode ter motivado esta variação do nível de ruído ambiente L_{ra} .

Gráfico 10 - Resultado de L_{ra} e L_c da Igreja Adventista do Sétimo Dia por banda de frequência

5.3.3 Nível de ruído ambiente interno L_{ri} e nível de pressão sonora equivalente

L_{Aeqi}

Os valores obtidos foram:

$$L_{ri} = 34 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeqi} = 73 \text{ dB(A)}$$

A medição do L_{ri} na nave mostrou que o nível de ruído ambiente não prejudica as atividades da igreja (Gráfico 11).

O nível de pressão sonora equivalente L_{Aeqi} medido, superior ao das outras igrejas, foi influenciado pela presença do coral e instrumentos musicais, amplificados por sistema de sonorização, localizados no altar e presentes no culto. O coral, os instrumentos de corda, sopro, a bateria, instrumentos de percussão e o piano representam os valores do espectro de frequência medido nas faixas de frequência de 31,5 Hz a 16000 Hz. Há um sistema de sonorização na igreja em que a equalização dos sons musicais é controlada por mesa de som.

Gráfico 11 - Resultado de L_{Aeqi} e L_{ri} da Igreja Adventista do Sétimo Dia por banda de frequência

5.4 GRÁFICOS COMPARATIVOS ENTRE AS TRÊS IGREJAS AVALIADAS

5.4.1 Nível de ruído ambiente L_{ra} comparativo

Os dados coletados em relação ao nível de ruído ambiente dos três estudos de caso revelaram que a Igreja de São Domingos é a que possui um entorno menos ruidoso, e a Igreja São Pedro São Paulo está em local mais ruidoso, conforme indica o Gráfico 12.

Gráfico 12 – Resultado de L_{ra} das igrejas por banda de frequência

A igreja de São Domingos e a Igreja Adventista do Sétimo Dia (IASD) de Vila Maria estão localizadas em vias de menor tráfego de veículos, o que influenciou seus níveis de ruído ambiente interno L_{ri} .

5.4.2 Nível sonoro equivalente interno L_{Aeqi} comparativo

O nível sonoro equivalente medido nas igrejas durante o louvor foi de 69 dB(A) na Paróquia São Pedro e São Paulo, 64 dB(A) na Igreja de São Domingos e 73 dB(A) na Igreja Adventista do Sétimo Dia de Vila Maria.

O culto religioso nas igrejas católicas estudadas não teve a presença de instrumentos musicais no momento da música litúrgica, havendo apenas o canto coral. No entanto o nível sonoro equivalente atingido na Igreja de São Pedro e São Paulo (Gráfico 13) se aproxima mais ao da Igreja Adventista do Sétimo Dia de Vila Maria do que ao da Igreja de São Domingos. Analisando-se os Gráficos 3, 6 e 9 observa-se que o nível de ruído ambiente interno da igreja é influenciado pelo nível de ruído ambiente externo.

Gráfico 13 – Resultado de L_{Aeqi} das igrejas por banda de frequência

5.4.3 Nível de ruído ambiente interno L_{ri} comparativo

O nível de ruído ambiente na nave L_{ri} da Igreja de São Domingos, observado na medição é inferior ao da nave da Igreja de São Pedro e São Paulo, o que possibilita um nível sonoro equivalente inferior durante o culto religioso (Gráfico 14). Ambos os cultos são similares na sua forma.

A localização da Igreja São Pedro e São Paulo próxima a via de grande fluxo de automóveis e a sua implantação foram determinantes para o nível de ruído ambiente medido na nave.

A IASD prioriza a palavra falada e a música. O momento do louvor integra o coral e banda que ficam no altar. A banda é composta por saxofone, flauta, piano, guitarra e bateria. Esta diferença entre os cultos das igrejas católica e da IASD resultou em diferentes níveis sonoros equivalentes ponderados em “A”. O nível de ruído ambiente verificado na IASD foi o menor das três igrejas, mas o nível sonoro equivalente medido durante o louvor foi o mais alto, devido à ênfase dada à música litúrgica no culto religioso.

Gráfico 14 – Nível de ruído ambiente interno medido nas naves das igrejas

O gráfico 13 revela que o tráfego de automóveis nas vias adjacentes interfere no nível de ruído ambiente nas naves das igrejas, e que o hall de entrada existente na IASD de Vila Maria colabora para redução do Lri. A Igreja de São Domingos e a Igreja São Pedro e São Paulo não têm hall de entrada ou ambiente interno que isole a nave do acesso principal, resultando numa menor diferença entre os níveis de ruído ambiente interno e externo do que a IASD de Vila Maria, conforme revelaram os Gráficos 11 e 14.

A tabela 3 indica os resultados das medições de níveis sonoros nas três igrejas.

Tabela 3 – Comparativo entre os L_{ri} , L_{ra} , L_{Aeqi} e L_c referentes às três igrejas e suas características

	Igreja S. Pedro e São Paulo	Igreja de São Domingos	Igreja Adventista do Sétimo Dia
L_{ri}	55 dB(A)	41 dB(A)	34 dB(A)
L_{ra}	70 dB(A)	51 dB(A)	62 dB(A)
L_{Aeqi}	69 dB(A)	64 dB(A)	73 dB(A)
L_c	71 dB(A)	50 dB(A)	61 dB(A)
Posição das portas durante o culto religioso	Aberta	Aberta	Fechada
Esquadrias e vedações verticais	Vitrais e vãos entre ntre paredes e cobertura: possui vãos	Janelas com sistema de abertura	Janelas vedadas
Ambientes que antecedem a nave	-	-	Hall de entrada

Conforme a Tabela 3 o L_{ri} e o L_{ra} da Igreja São Pedro e São Paulo foram os maiores valores obtidos entre as três igrejas. Além das aberturas das portas de acesso principal e lateral da igreja durante o culto religioso, os vãos existentes entre as paredes e a cobertura prejudicou o isolamento sonoro na nave em relação ao ruído externo.

A igreja de São Domingos e a IASD estão localizadas em vias com tráfego menos intenso de automóveis durante o período diurno, se comparadas à Igreja São Pedro e São Paulo, resultando em menores níveis de ruído ambiente.

Com relação ao isolamento sonoro da edificação, a Igreja Adventista do Sétimo dia de Vila Maria obteve a maior diferença entre o L_{ri} e o L_{ra} , resultando num melhor isolamento sonoro entre as três igrejas, considerando-se as mesmas condições de uso entre as três igrejas; todas estavam desocupadas durante a medição do L_{ra} . A presença de janelas vedadas e hall de entrada, isolando a nave do ambiente externo, contribuíram para o isolamento sonoro verificado. Nas três igrejas, a emissão sonora durante o horário do culto religioso foi inferior ao nível de ruído ambiente. Constatou-se uma diferença de pelo menos 10 dB(A) entre o L_{ra} e o L_c medidos em frente às igrejas, pois não houve aumento de nível sonoro do L_c em relação ao L_{ra} . Os resultados dos níveis sonoros medidos durante os cultos nestes locais foram similares aos níveis de ruído ambiente, verificando-se dessa forma que o nível sonoro emitido pelas igrejas durante o funcionamento foi mascarado pelos respectivos níveis de ruído ambiente.

5.5 TEMPOS DE REVERBERAÇÃO RT_{60} DAS TRÊS IGREJAS ESTUDADAS

A medição dos Tempos de Reverberação nas naves das três igrejas estudadas foi realizado em 3 pontos distintos, conforme descrição do item 4.4.2 do capítulo 4.

- **Igreja São Pedro e São Paulo**

Os Tempos de Reverberação medidos para a frequência de 500 Hz foram de 3,2 segundos e 3,4 segundos nos pontos 01 e 03. A média foi de 3,3 segundos (Tabela 4).

O Tempo de Reverberação para a frequência de 500 Hz recomendado para a Igreja São Pedro e São Paulo é 1,7 segundos (ABNT, 1992).

- **Igreja de São Domingos**

O valor medido do Tempo de Reverberação na Igreja de São Domingos para a frequência de 500 Hz foi de 5,2 segundos no ponto 01 e 4,9 segundos no ponto 02. A média foi de 5,1 segundos.

O Tempo Ótimo de Reverberação recomendado para a igreja de São Domingos para a frequência de 500 Hz é de 2 segundos.

A Igreja de São Domingos possui 730 m² de espuma de poliuretano colada sobre as paredes laterais e do fundo. Com um volume de 9600 m³, a igreja de São Domingos apresentou tempo de reverberação superior ao recomendado pela NBR 12179 (ABNT, 1992).

- **Igreja Adventista do Sétimo Dia de Vila Maria**

A média dos valores medidos para a frequência de 500 Hz foi de 1,4 segundos.

O Tempo Ótimo de Reverberação recomendado para a Igreja Adventista do Sétimo Dia para a frequência de 500 Hz é de 1,4 segundos.

5.5.1 Análise comparativa dos Tempos de reverberação

Apesar do tratamento acústico projetado para a Igreja São Pedro e São Paulo (Tabelas 4 e 5), o Tempo de Reverberação verificado é inadequado para o culto religioso de igrejas católicas que priorizam a palavra falada. Há a possibilidade de que as intervenções sofridas nas paredes com tratamento acústico tenham prejudicado o desempenho acústico nave, porém não foi possível verificar o Tempo de reverberação projetado para o local. A geometria da cobertura colabora com a difusão sonora no ambiente, e o piso em assoalho não é bom absorvedor sonoro (Tabela 5). As janelas com vitrais funcionam como superfícies refletoras, não colaborando com a absorção sonora no ambiente.

A Igreja de São Domingos também apresentou Tempo de Reverberação inadequado para o culto religioso de igrejas católicas que priorizam a palavra falada. Verificou-se a necessidade de substituição da espuma de poliuretano colada sobre as paredes laterais e do fundo da igreja por estar fora do prazo de garantia. As superfícies internas como o piso em pedra e os bancos em madeira não colaboram para a absorção sonora no ambiente, conforme indicam as Tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Tempos de Reverberação medidos nas naves das três igrejas

	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	Média	*Tempo ótimo de reverberação
Igreja São Pedro e São Paulo	3,2	-	3,4	3,3	1,7
Igreja de São Domingos	5,2	4,9	-	5,1	2,0
Igreja Adventista do Sétimo Dia - Vila Maria	1,5	1,2	1,7	1,4	1,4

A Igreja Adventista do Sétimo Dia de Vila Maria obteve valores de Tempos de Reverberação próximos aos valores de Tempo Ótimo de reverberação recomendado pela norma brasileira. O valor indicado do Tempo Ótimo de Reverberação indicado na norma para a frequência de 500 Hz é de 1, 4 segundos (ABNT, 1992).

A presença de cortinas drapeadas sobre as janelas, o piso da plateia revestido com carpete e em desnível, o formato da igreja, a disposição do forro em gesso acartonado favorecem a absorção e difusão sonora na plateia (Tabela 5) na Igreja Adventista do Sétimo Dia. O mezanino fica prejudicado pela geometria do forro e a relação entre o pé-direito e profundidade. O não paralelismo entre as paredes laterais evita a presença de ecos.

Tabela 5 – Características das naves e adequação do Tempo de Reverberação RT_{60} das três igrejas

	Igreja S. Pedro e São Paulo	Igreja de São Domingos	Igreja Adventista do Sétimo Dia
Piso plateia	Assoalho	Pedra	Carpete
Janelas	Vitrais	Janelas com sistemas de abertura	Janelas vedadas e cobertas com cortinas drapeadas
Paredes laterais	Gesso acartonado com tratamento acústico	Alvenaria em concreto com acabamento e espuma acústica	Blocos de concreto com acabamento
Forro	Concreto	Concreto	Forro de gesso acartonado
RT_{60}	Inadequado	Inadequado	Adequado

O Tempo de Reverberação no ambiente cresce conforme o volume do espaço. Naves de igrejas necessitam de materiais, mobiliários e elementos decorativos que sejam absorvedores sonoros para que se atinja o Tempo Ótimo de Reverberação recomendado pela NBR 12179 (ABNT, 1992).

Nas medições realizadas na Igreja São Pedro e São Paulo e na Igreja São Domingos os pontos P02 e ponto P03, respectivamente, apresentaram erros e não puderam ser coletados do equipamento.

As dificuldades enfrentadas na medição do Tempo de Reverberação na Igreja São Pedro e São Paulo ocorreram devido ao nível de ruído ambiente interno L_{ri} , e na Igreja de São Domingos devido às suas dimensões.

O Alto nível de ruído ambiente na nave pode interferir na medição do Tempo de Reverberação pois dificulta o decaimento sonoro de 30 dB necessário para o cálculo do Tempo de Reverberação por meio da resposta impulsiva da sala. Em igrejas com grandes comprimentos enfrenta-se dificuldades devido as grandes distâncias entre a fonte sonora e o ponto de medição, que dificultam a obtenção do decaimento sonoro de 30 dB por meio de estouro de bexigas.

6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Seguem as conclusões, recomendações gerais e sugestões para futuras pesquisas.

6.1 CONCLUSÕES DOS ESTUDOS DE CASO

Avaliou-se o desempenho acústico de três igrejas cristãs construídas a partir da segunda metade do século XX e verificou-se como as condicionantes arquitetônicas interferem na qualidade sonora das naves, no nível sonoro emitido pelas igrejas durante o funcionamento, e como o entorno interfere na qualidade sonora das naves considerando-se as condições de uso das edificações estudadas.

6.1.1 Quanto ao nível de ruído ambiente

- a. O nível de ruído ambiente L_{ra} interferiu na qualidade sonora nas naves das três igrejas diminuindo a relação sinal/ruído entre o orador ou a música litúrgica durante o culto religioso e o nível de ruído ambiente interno L_{ri} , este também afetado pelo nível de ruído ambiente L_{ra} .
- b. A Igreja Adventista do Sétimo Dia de Vila Maria, que possui hall de entrada, isolando a entrada da nave do ambiente exterior, e janelas vedadas, ficou mais protegida do ruído externo. Isso demonstra que halls de entrada, vestíbulos e vedações em caixilhos se apresentam como soluções eficientes para proteção em relação ao ruído externo.
- c. O maior nível de ruído ambiente interno L_{ri} ocorreu na igreja São Pedro e São Paulo, implantada em via de maior tráfego de automóveis em relação aos três estudos de caso. O limite de velocidade dos automóveis na via em frente à igreja São Pedro São Paulo também é superior aos das vias em que estão implantadas as igrejas de São Domingos e Adventista do Sétimo Dia de Vila Maria.

- d. O nível de ruído ambiente L_{ra} diminuiu a inteligibilidade do som nas igrejas pois não colaborou para a melhor compreensão da palavra falada e da música, verificado por meio da relação sinal/ruído nas naves. O *sinal* é o nível sonoro emitido pelo orador ou a música litúrgica, e o ruído é o nível de ruído ambiente interno L_{ri} , que sofre interferência do nível de ruído ambiente L_{ra} .

6.1.2 Quanto aos níveis sonoros emitidos pelas igrejas

- a. Os níveis sonoros emitidos pelas igrejas em funcionamento dependem das características arquitetônicas das edificações em que estão inseridas, como também de suas condições de uso, como as de aberturas de vãos, portas e janelas, durante o culto.
- b. A interferência do nível sonoro emitido no ambiente externo pelas igrejas durante o seu funcionamento depende da localização, condições de uso e sobretudo de suas condições arquitetônicas.

6.1.3 Quanto ao Tempo de Reverberação

- A utilização de materiais dotados de bons coeficientes de absorção no piso e nas paredes se mostrou eficiente na redução do RT_{60} , conforme foi verificado na Igreja Adventista do Sétimo Dia de Vila Maria. Na Igreja de São Domingos e na Igreja São Pedro e São Paulo há pouca área de material com bons coeficientes de absorção no piso quando comparados à Igreja Adventista do Sétimo Dia. Quanto à área de absorção nas paredes, a IASD utilizou cortinas drapeadas cobrindo todos os caixilhos da nave. Na Igreja de São Domingos o material absorvente colado sobre as paredes laterais e do fundo da nave não foram suficientes para absorver a energia sonora devido ao grande volume do ambiente, comparado aos dois estudos de caso. O tratamento acústico encontrado na Igreja São Pedro São Paulo não reduziu suficientemente o Tempo de reverberação na nave para se atingir Tempo Ótimo de Reverberação. Não

foi possível verificar se houve alteração do tratamento acústico presente no local em relação ao tratamento acústico original previsto em projeto.

6.1.4 Quanto à difusão sonora

- É necessário a presença de geometria e superfícies irregulares nas naves das igrejas para uma melhor distribuição do som. As três igrejas não apresentaram campo sonoro difuso, demonstrado pelos diferentes Tempos de Reverberação medidos em distintos pontos das naves. Um campo sonoro é considerado difuso quando o Tempo de Reverberação medido em diferentes pontos de um ambiente não se altera.

6.1.5 Quanto aos níveis sonoros e Tempo de Reverberação

- Os requisitos acústicos de salas devem ser considerados durante a elaboração do projeto, desde a técnica construtiva e a escolha da geometria das paredes, pisos e coberturas, até o acabamento final da obra. Os fenômenos sonoros que ocorrem em ambientes fechados devem ser considerados na elaboração do projeto arquitetônico. As condições arquitetônicas, quando mal resolvidas, decorrem de projetos em que os requisitos acústicos não foram observados ou deixados de lado durante a execução da obra.

6.2 RECOMENDAÇÕES GERAIS

- 6.2.1** Não utilizar geometria côncava nas paredes e cobertura e ou forro para evitar a focalização de sons refletidos em determinadas regiões do ambiente, prejudicando qualidade acústica do local;
- 6.2.2** Evitar paralelismo entre superfícies para controlar a formação de ecos e ondas estacionárias;

- 6.2.3** Evitar a entrada de ruído externo na igreja criando anteparos físicos à entrada da nave, como vestíbulo e hall de entrada, colaborando assim com o aumento da relação sinal/ruído e criando condições para melhor inteligibilidade da palavra falada e do som;
- 6.2.4** Criar barreiras acústicas para prever desempenho compatível com ruído externo por meio da topografia, implantação do estacionamento e muros;
- 6.2.5** Utilizar material absorvente nas superfícies do ambiente que antecede a nave, como hall de entrada e vestíbulo, para atenuar o nível de ruído no local e acentuar a diminuição do nível de ruído na nave;
- 6.2.6** Realizar o acesso principal da igreja na lateral do edifício quando a nave estiver direcionada a via ruidosa para melhorar o desempenho acústico da edificação e a inteligibilidade da fala e do som na nave;
- 6.2.7** Implantar a parede cega da igreja direcionada às vias mais ruidosas para atenuar o ruído intrusivo na nave;
- 6.2.8** Utilizar superfícies refletoras no forro para reforçar o som direto na plateia para contribuir com a inteligibilidade da fala e som na nave nos locais mais distantes do púlpito;
- 6.2.9** Revestir a parede do fundo da nave com material absorvente e difusor para evitar a formação de ecos nos primeiros assentos da plateia.

6.3 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Entre os métodos objetivos utilizados para medir a inteligibilidade de salas para a palavra falada e música não tratadas neste trabalho pode-se citar a Definição e a Clareza, respectivamente. Estes índices são calculados a partir da resposta impulsiva da sala (GRANADO, 2002).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANELLI, R.; KON, N.; GUERRA, A. *Rino Levi – Arquitetura e cidade.*, 1ª edição. São Paulo: Romano Guerra Editora, 2001. 323p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520:** informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002a. 7 p.

_____. **NBR 12225:** informação e documentação: lombada: apresentação. Rio de Janeiro, 2004. 3 p.

_____. **NBR 14724:** informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2005. 9 p.

_____. **NBR 6023:** informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002b. 24 p.

_____. **NBR 6024:** informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento escrito: apresentação. Rio de Janeiro, 2003a. 3 p.

_____. **NBR 6027:** informação e documentação: sumário: apresentação. Rio de Janeiro, 2003b. 2 p.

_____. **NBR 6028:** informação e documentação: resumo apresentação. Rio de Janeiro, 2003c. 2 p.

_____. **NBR 11957:** Reverberação – Análise do tempo de reverberação em auditórios. Rio de Janeiro, 1988. 3 p.

_____. **NBR 12179:** Tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1992. 9 p.

_____. **NBR 15575-1.** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 10151:** Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000.

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

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

_____. **NBR 15575-3.** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos internos. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 15575-4.** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho – Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 15575-5.** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho – Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 15575-6.** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho – Parte 6: Sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **História da normalização brasileira.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2011. 112 p.

_____, INMETRO. **Guia para a expressão da incerteza de medição.** Rio de Janeiro, 2003. 120 p.

AEDESIGN. Church of the sacred heart, 2013. Disponível em: <<http://aedesign.wordpress.com/2010/01/26/church-of-the-sacred-heart-munich-germany/>>. Acesso em: 15 mai. 2013.

ALLMANNSATLERWAPPNER. Projekte, 2012. Disponível em: <http://www.allmannsattlerwappner.de/_data/projekte/img/zoom/hj.kirche_196_klein_1.jpg>. Acesso em: 15 mai. 2013.

ARCOWEB. GE Edison Award Competition, 2001. Os premiados em 2001. Disponível em: <<http://www.arcoweb.com.br/lighting/ge-edison-award-competition-os-premiados-05-09-2001.html>>. Acesso em: 16 mai. 2013.

BARING, J. G. de A. **O desempenho acústico de caixilhos de fachada no contexto do controle da poluição sonora urbana**. Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

BARING, J. G. de A. Controle da Poluição Sonora: Planejamento de Pesquisas nas Universidades Brasileiras, tendo em vista a experiência da Cidade de São Paulo. XXII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica. Belo Horizonte, 26-29 nov. 2008. Disponível em: <<http://www.proacustica.org.br/publicacoes/artigos-sobre-ac%C3%BAstica-e-temas-relacionados/controle-da-polui%C3%A7%C3%A3o-sonora-planejamento-de-pesquisas-nas-universidades-brasileiras-tendo-em-vista.html>>. Acesso em: 31 jul. 2012.

BARBOSA, M. C. **A obra de Adolf Franz Heep no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

BARRON, M. **Auditorium acoustics and architectural design.**, London: E& F Spon, 1993.

BENÉVOLO, L. **História da cidade**. 2. ed. São Paulo: Editora Perspectiva S.A., 1993.

BENTLER, R.A. List equivalency and test-retest reliability of the speech in noise test. **Am. J. Audiol.**, v. 9, nº 2, p. 84-100, dec. 2000.

BERANEK, L. L. **Acustica**. Buenos Aires: Editorial Hispano Americana S.A, 1961.

BERANEK, L. L. **Music, acoustics and architecture**. New York: John Wiley, Inc., 1962.

BERANEK, L. L. **Concert halls and opera houses: music, acoustics, and architecture**. 2. Ed. New York: Springer-Verlag, 2010.

BERANEK, L. L. **Concert and opera hall: how they sound**. New York: Ed. Woodbury, 1996.

BÍBLIA, Português. **A Bíblia Sagrada: Antigo e Novo Testamento**. Tradução de João Ferreira de Almeida. Edição rev. e atualizada no Brasil. Brasília: Sociedade Bíblia do Brasil, 1969.

BISTAFA, S. R. **Acústica arquitetônica: qualidade sonora em salas de audição crítica. Descrição detalhada**. Projeto de Pesquisa. Brasília: CNPq, 2005. Disponível em <www.poli.usp.br/p/sylvio.bistafa/ACUSARQ/ACUSARQCNPq.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2006.

BISTAFA, S.R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2011.

BRATKE, C. **Carlos Bratke Portfolio Brasil**. São Paulo: Editora J.J.Carol, 2009.

BRATKE, C. **Cadernos Brasileiros de Arquitetura**. Vol. 16. São Paulo: Projeto Editores Associados Ltda., 1985.

BRATKE, C. **St. Peter and St. Paul's Church**. A+U, Japan, nº 158, p. 111, nov. 1983.

BRATKE, C. **Ateliê de arquitetura**. São Paulo: Carlos Bratke, 2011. Disponível em: <<http://www.carlosbratke.com.br>>. Acesso em: 10 nov. 2011.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº1, de 8 de março de 1990. **Diário Oficial da União**, nº63, Brasília, DF., 02 abr. 1990, seção 1, p. 6408.

CARNEIRO, W. de A. M. **Perturbações sonoras nas edificações urbanas**. 3. ed. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2004. 330 p.

CARVALHO, A. P. O; SILVA, P. M. A. Caracterização Acústica da megaigreja da Santíssima Trindade – Fátima. 40º Congresso Nacional de Acústica - TecniAcústica. Cadiz, 2009. Disponível em <http://www.uca.es/recursos/doc/AUI/Noticias/1919628444_692010131010.pdf>. Acesso em 08 jul. 2012.

CIDADEDESAOPAULO. **Site oficial de turismo da Cidade de São Paulo**, São Paulo Turismo S/A, 2012. Disponível em <<http://www.cidadedesapaulo.com/sp/o-que-visitar/pontos-turisticos/8-catedral-da-se>> Acesso em 28 Nov. 2012.

CORONA, E. ; LEMOS, C. **Roteiro arquitetura contemporânea São Paulo**. São Paulo, Separata revista acrópole 295/296, 1963.

CPTEC. **Projeto CNPq/CPTEC/INPE - Desenvolvimento de material de estudo dos princípios de meteorologia e meio ambiente para estudantes, professores e meios de comunicações**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/glossario.shtml>>. Acesso em: 08 jan. 2013.

COLEMAN, W. L. **Manual dos tempos e costumes bíblicos**. Minas Gerais: Editora Betânia, 1991.

COIMBRA. LIP. **Princípio de Hyygens**. Disponível em: <coimbra.lip.pt/~vitaly/TFM/Capitulo5_Parte2.pdf> Acesso em: 4 mai. 2013.

EDREAMS International Network. **Basilica di San Marco**. Catedral de São Marcos, 1999. Disponível em: <<http://dreamguides.edreams.pt/italia/veneza/basilica-di-san-marco>>. Acesso em: 13 jan. 2013.

EGAN, M.D. **Architectural Acoustics**. Reprint. New York: J. Ross Publishing, 2007. 411p.

EVEREST, F. A; POHLMANN, K. C. **Master Handbook of acoustics**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2009. 510 p.

FIGUEIREDO, F. L.; MASIERO, B.; IAZZETTA, F. Análise de parâmetros acústicos subjetivos: critérios para avaliação da qualidade acústica de salas de música. 4ta. Reunion anual de la sociedade argentina para las ciências cognitivas de la música, Instituto Superior de Música, UNT, Tucumán, 2004.

Escola Superior de Gestão Tomar - ESGT.PT. Instituto Politécnico de Tomar, 2008. Disponível em:
http://www.esgt.ipt.pt/download/disciplina/2834__15.%20Arte%20Romana.pdf.
 Acesso em: 08 mai. 2012.

EPAETAIA. Foto 1ª. Igreja do Brasil. Disponível em:
<http://epaetaiapelomudo.com.br/blog/2012/08/continuando-com-fotos-de-igrejas-torres-e-afins>. Acesso em: 28 jan. 2013.

GEOLOCATION. Foto Igreja São Francisco de Assis, Ouro Preto. Disponível em:
http://www.geolocation.ws/v/P/612902/igreja-de-so-francisco-de-assis-em-ouro/en&h=2616&w=3488&sz=2195&tbnid=Qp8C05ryRL2fAM:&tbnh=90&tbnw=120&zoom=1&usg=__wggl1y7F24KFLUKdSruQfWLcrDY=&docid=YdVa-Llh4i5hYM&sa=X&ei=aON-UcOIlloas8AT-3YC4Dg&ved=0CFMQ9QEwBQ&dur=776 .
 Acesso em: 30 abr. 2013.

GLANCEY, J. **Architecture – visual reference guides**. 2. Ed. London: Editora Metro Books, 2010.

GNOATO, L.S. Um modernista em Curitiba. **Revista Arquitetura e Urbanismo**, Editora Pini, nº70, 1997. Disponível em <<http://www.revistaau.com.br/arquitetura-urbanismo/70/imprime23987.asp>>. Acesso em: 21 nov. 2011.

GOOGLE maps. California: Larry Page e Sergey Brin, 1998. Disponível em: <<http://maps.google.com.br/maps?hl=en&tab=wl>>. Acesso em: 15 nov. 2011.

GOOGLE maps. California: Larry Page e Sergey Brin, 1998. Disponível em: <<https://maps.google.com.br/maps?q=portugal,+cidade+de+Fatima&oe=utf-8&aq=t&rls=org.mozilla:en-US:official&client=firefox-a&um=1&ie=UTF-8&hl=en&sa=N&tab=wl>>. Acesso em: 08 dez. 2012.

GRANADO Jr., M.V. **Acústica arquitetônica: subsídios para projetos de salas para palavra falada em teatros de palco italiano**. Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2002.

GUIÃO CENTRO DE ESTUDOS PORTUGUESES. **Monumentos nacionais e outros locais de romagem**. Disponível em: <<http://guiao-centro-de-estudos-portugueses.blogspot.com.br/2012/07/guiao-monumentos-nacionais-e-outros.html>>. Acesso em 12 mai. 2013.

IAZZETA, F.; FIGUEIREDO, F.L.; MASIERO, B.S. Parâmetros subjetivos em salas destinadas à prática musical. *Acústica 2004*, Guimarães, Portugal, 2004. Disponível em <<http://gsd.ime.usp.br/acmus/publi/id83.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 3382**: Acoustics – Measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters. Switzerland, 1997.

_____. **ISO 6240**: Performance standards in buildings: contents and presentation. London, 1980. 2p.

_____. **ISO 6241**: Principles for their preparation. London, 1984. 12p.

Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Normalidade - INMETRO. **Guia para a expressão da incerteza de medição**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. INMETRO. **Sistema Internacional de Unidades - SI**. 6. Ed. Brasília: SENAI/DN, 2000. 114 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo Demográfico 2010 – Características gerais da População, religião e pessoa com deficiência**. Rio de Janeiro, 2010. 211 p. Disponível em: <www.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010_Caracteristicas_Gerais_Religioao_Deficiencia/tab1_4.pdf> Acesso em: 04 dez. 2012.

IASD VILA MARIA. São Paulo, 2012. Vídeo Inauguração Nova Igreja. Disponível em <<http://www.iasdvilamaria.com.br/igreja/>>. Acesso em: 07 fev. 2013.

ISOSOUND. **Construção Civil: painel acústico revestido**. Isover, Saint-Gobain, 2012. Disponível em: <<http://www.isover.com.br/uploads/files/paineis/Isosound.pdf>>. Acesso em 15 jan. 2013.

JEWISHENCYCLOPEDIA. The unedited full-text of the 1906 Jewish Encyclopedia. The Kopelman Foundation. 2002. Disponível em: <<http://www.jewishencyclopedia.com/articles/14184-tabernacle>> Acesso em: 04 maio 2013.

KNUDSEN, V.O; HARRIS, C.M. **Acoustical Designing in Architecture**. New York: Ed. John Wiley & Sons, inc., 1950.

KNUDSEN, V.O. **Architectural acoustics**., inc., 4. ed. New York: Ed. John Wiley & Sons, 1949.

LE MOS, C.A.C. **O modernismo arquitetônico em São Paulo**. Arquitectos, Vitruvius, out/2005. Retirado do site <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitetos/06.065> - acessado em 09/2011.

LONG, M. **Architectural Acoustics**. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2006.

MARTINS, C.D.F. **A caracterização acústica das duas igrejas de Santo Ovídio, Mafamude**. 2012. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Especialização em Construções) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2010.

MARTINS, S. **O flaneur e o voyeur pelas Capelas, Igrejas e Catedrais**. Revista Arqbacana, Arq!ideias, 11 nov. 2009. Disponível em: <<http://www.arqbacana.com.br/arq!ideias/O+fl%C3%A2neur+e+o+voyeur+pelas+Capelas,+Igrejas+e+Catedrais>>. Acesso em: 17 nov. 2011.

MENEZES, I.P. **Arquitetura sagrada**. São Paulo: Edições Loyola, 2006.

MERCADO ARTE. **Fulvio Penacchi – Cronologia**. 2012. <http://www.mercadoarte.com.br/artigos/artistas/fulvio-pennacchi/fulvio-pennacchi/> Acesso em: 23 Dez. 2012.

MORFOLOGIA DA IGREJA BARROCA NO BRASIL. **Morfologia da igreja barroca no Brasil - I**. wordpress.com, 2013. Disponível em: <<http://coisasdaarquitectura.wordpress.com/2011/09/22/morfologia-da-igreja-barroca-no-brasil-i/>> Acesso em 13 abr.2013.

MULLER, S. Medir o STI. **II Seminário de Música, Ciência e Tecnologia**, São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/smct/n1/n1a16.pdf>> . Acesso em: 16 maio 2013.

NEPOMUCENO, L. X. **Acústica Técnica**.. São Paulo: Editora Técnico-Gráfica Industrial Ltda.- ETEGIL, 1968.

NIEMEYER, O. **As Igrejas de Oscar Niemeyer**. Editora Nosso Caminho, 2011.

PASSERI Jr., L.; MOSCATI, S. R.; PINHAL, P.; SILVA, H. H. A.; BISTAFA, S. R. **Análise comparativa dos resultados dos parâmetros objetivos de avaliação da qualidade acústica de um auditório multifuncional, obtidos por meio de medições, simulações, e cálculos matemáticos.** Anais do 4º Congresso de Engenharia de Áudio, 10ª Convenção da AES Brasil, São Paulo, 2006.

PASSERI JUNIOR, L. **Subsídios para o projeto de teatros e auditórios multifuncionais: recursos de variabilidade acústica.** Doutorado em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

PASSERI JUNIOR, L. **Estúdios de gravação de áudio: as necessidades acústicas como indutoras do desenho.** Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

PERISTILO WORDPRESS. **Un nuevo portal sobre la asignatura de Historia del Arte de Segundo Curso de Bachillerato.** Disponível em< <http://peristilo.wordpress.com/2009/06/28/arquitectura/a33-teatro-de-epidauro-planta-2/>>. Acesso: em 11 dez. 2012.

PIMENTEL-SOUZA. Efeito do ruído no homem dormindo e acordado. XIX ESBA, SOBRAC, Belo Horizonte, 2000.

ROCKFIBRAS. Manta de lã de rocha. 2012. Disponível em: http://www.rockfibras.com.br/produtos_LR_rollmax.html. Acesso em: 23 jan. 2013.

RYCHTÁRIKOVÁ, M; MUSABUDA, M. ;OHRABLO, F. **Evaluation of a Modern Catholic Church by Acoustical Software Based on the Ray-Tracing Method.** Slovak Journal of Civil Engineering, p.21-25, 3/2003, Eslováquia.

SACRED DESTINATIONS. **Hagia Sophia, Stanbul.** Orenon: Holly Hayes, 2005. Disponível em <<http://www.sacred-destinations.com/turkey/istanbul-hagia-sophia>>. Acesso em: 27 jan. 2013.

SALDIVA, P., et al. **Meio Ambiente e saúde: o desafio das metrópoles**. São Paulo: Editora Ex-Libris, 2010.

SCHROEDER, M. New Method of Measuring Reverberation Time. **Journal of the Acoustical Society of America**, Vol. 37, p. 409-412, 1965.

SÃO PAULO. Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004. Estabelece normas complementares ao Plano Diretor Estratégico. Disponível em <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/cit/index.php?p=1155>. Acesso em 13 nov. 2012.

SECRETARIA MUNICIPAL DE COORDENAÇÃO DAS SUBPREFEITURAS. Programa de Silêncio Urbano. **Prefeitura do Município de São Paulo**, São Paulo, 2009.

SILVA, P. **Acústica Arquitetônica e condicionamento de ar**. EDTAL-Empresa Termo Acústica Ltda., Belo Horizonte, 2005.

SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO - SEMPLA. **Plano Regional: Rede Viária Estrutural Mapa 02**. Subprefeitura do Butantã, São Paulo, 2003, escala 1/12.500. Disponível em <http://www.planosdiretores.com.br/downloads/mapa2redeviaria.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2013.

SECRETARIA MUNICIPAL DA HABITAÇÃO – SEHAB. Aprov. Classificação do Sistema Viário. **Lista de classificação de vias**. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/habitacao/departamentos/aprov/> . Acesso em: 27 mai.2013.

SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO – SEMPLA. **Plano Regional Estratégico: uso e ocupação do solo Mapa 4.** Subprefeitura Vila Maria/ Vila Guilherme. São Paulo, 2004, escala 1:15.000. Disponível em: <http://ww2.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/secretarias/planejamento/zoneamento/0001/parte_II/v_maria/07-MAPA-MG-04.jpg>. Acesso em: 25 jan.2013.

SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO – SEMPLA. **Plano Regional Estratégico: uso e ocupação do solo Mapa 4.** Subprefeitura Lapa. São Paulo, 2004, escala 1:15.000. Disponível em: <http://ww2.prefeitura.sp.gov.br/arquivos/secretarias/planejamento/zoneamento/0001/parte_II/lapa/08-MAPA-LA-04.jpg>. Acesso em: 27 mai.2013.

SILVA, P. **Acústica Arquitetônica e condicionamento de ar.** EDTAL - Empresa Termo Acústica Ltda., Belo Horizonte, 2005.

SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS da USP. **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: documento eletrônico e impresso – Parte I (ABNT)**, 2ª edição, São Paulo, 2009, 109 p.

SPTURISMO, 2011. **Catedral da Sé.** Disponível em: <<http://www.sp-turismo.com/fotos/catedral.htm>>. Acesso em 28 nov 2012.

SRESNEWSKY, I. **Estudo acústico dos teatros gregos.** Disponível em <http://www.lazuliarquitetura.com.br/frame_conceitos.htm>. Acesso em: 22 Ago. 2012.

STIERLIN, H. **Encyclopedia of Word Architecture.**, 2. ed. Cologne: Editora Benedikt Taschen Verlag GmbH, 1994. 493 p.

SUSIN, R. **Primeira igreja no Brasil.** Disponível em: http://www.rankbrasil.com.br/Recordes/Materias/0Lvm/Primeira_Igreja_Do_Brasil. Acesso em: 04 jan. 2013.

TOY, C.H. **Introduction to the History of Religions**. Editora The Athenaeum Press, Ginn and Company Proprietors. Boston, 1913, 668 p. *Open access*. Disponível em: <<http://archive.org/stream/intoductiontohi00intoyc#page/546/mode/2up/search/456>>. Acesso em 27 nov. 2012.

UGAYA, E. N. **Igreja de São Domingos**. Monografia. FAUUSP, 1966.

WIKIPEDIA. Andrea Pozzo. Disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/Andrea_Pozzo. Acesso em 30 abr. 2013.

WIKIPEDIA. Gian Lorenzo Bernini. Disponível em http://en.wikipedia.org/wiki/Gian_Lorenzo_Bernini. Acesso 30 abr. 2013

WIKIPEDIA. Baldaquino da Basílica de São Pedro. Disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/Baldaquino_da_Basilida_de_São_Pedro. Acesso 30 abr. 2013.

ZEVI, B. **Saber ver a arquitectura**. Ed. Arcádia Limitada, Lisboa, 1966.

ZOLNERKEVIC, I. **Doenças do barulho**. Revista Quanta, nº3, ano I, Editora Segmento, São Paulo, 2012.

ANEXOS

ANEXO 1 - NBR 10151 - Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento

Origem: Projeto NBR 10151:1999

ABNT/CB-02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil

CE-02:135.01 - Comissão de Estudo de Desempenho Acústico de Edificações

NBR 10151 - Acoustics - Evaluation of noise in inhabited areas aiming the comfort of the community - Procedure

Descriptors: Acoustics. Noise

Esta Norma substitui a NBR 10151:1987

Válida a partir de 31.07.2000

Incorpora a Errata nº1 de JUN 2003

Palavras-chave: Acústica. Ruído 4

Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos ABNT/CB e ABNT/ONS, circulam para Consulta Pública entre os associados da ABNT e demais interessados.

Esta Norma contém o anexo A, de caráter normativo.

1 Objetivo

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independente da existência de reclamações.

1.2 Esta Norma especifica um método para a medição de ruído, a aplicação de correções nos níveis medidos se o ruído apresentar características especiais e uma comparação dos níveis corrigidos com um critério que leva em conta vários fatores.

1.3 O método de avaliação envolve as medições do nível de pressão sonora equivalente (LA_{eq}), em decibels ponderados em "A", comumente chamado dB(A), salvo o que consta em 5.4.2.

2 Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

IEC-60651:1979 - Sound level meters

2 NBR 10151:2000

IEC-60804:1985 - Integrated averaging sound level meters

IEC-60942:1988 - Sound calibrators

3 Definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes definições:

3.1 nível de pressão sonora equivalente (LA_{eq}), em decibels ponderados em “A” [dB (A)]: Nível obtido a partir do valor médio quadrático da pressão sonora (com a ponderação A) referente a todo o intervalo de medição.

3.2 ruído com caráter impulsivo: Ruído que contém impulsos, que são picos de energia acústica com duração menor do que 1 s e que se repetem a intervalos maiores do que 1 s (por exemplo martelagens, bate-estacas, tiros e explosões).

3.3 ruído com componentes tonais: Ruído que contém tons puros, como o som de apitos ou zumbidos.

3.4 nível de ruído ambiente (L_{ra}): Nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A”, no local e horário considerados, na ausência do ruído gerado pela fonte sonora em questão.

4 Equipamentos de medição**4.1 Medidor de nível de pressão sonora**

O medidor de nível de pressão sonora ou o sistema de medição deve atender às especificações da IEC 60651 para tipo 0, tipo 1 ou tipo 2.

Recomenda-se que o equipamento possua recursos para medição de nível de pressão sonora equivalente ponderado em “A” (LA_{eq}), conforme a IEC 60804.

4.2 Calibrador acústico

O calibrador acústico deve atender às especificações da IEC 60942, devendo ser classe 2, ou melhor.

4.3 Calibração e ajuste dos instrumentos

O medidor de nível de pressão sonora e o calibrador acústico devem ter certificado de calibração da Rede Brasileira de Calibração (RBC) ou do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), renovado no mínimo a cada dois anos.

Uma verificação e eventual ajuste do medidor de nível de pressão sonora ou do sistema de medição deve ser realizada pelo operador do equipamento, com o calibrador acústico, imediatamente antes e após cada medição, ou conjunto de medições relativas ao mesmo evento.

5 Procedimentos de medição**5.1 Condições gerais**

No levantamento de níveis de ruído deve-se medir externamente aos limites da propriedade que contém a fonte, de acordo com 5.2.1.

Na ocorrência de reclamações, as medições devem ser efetuadas nas condições e locais indicados pelo reclamante, de acordo com 5.2.2 e 5.3, devendo ser atendidas as demais condições gerais.

Em alguns casos, para se obter uma melhor avaliação do incômodo à comunidade, são necessárias correções nos valores medidos dos níveis de pressão sonora, se o ruído apresentar características especiais. A aplicação dessas correções, conforme 5.4, fornece o nível de pressão sonora corrigido ou simplesmente nível corrigido (L_c).

Todos os valores medidos do nível de pressão sonora devem ser aproximados ao valor inteiro mais próximo.

Não devem ser efetuadas medições na existência de interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza (por exemplo: trovões, chuvas fortes etc.).

O tempo de medição deve ser escolhido de forma a permitir a caracterização do ruído em questão. A medição pode envolver uma única amostra ou uma seqüência delas.

5.2 Medições no exterior de edificações

Deve-se prevenir o efeito de ventos sobre o microfone com o uso de protetor, conforme instruções do fabricante.

5.2.1 No exterior das edificações que contêm a fonte, as medições devem ser efetuadas em pontos afastados aproximadamente

1,2 m do piso e pelo menos 2 m do limite da propriedade e de quaisquer outras superfícies refletoras, como muros, paredes etc. Na impossibilidade de atender alguma destas recomendações, a descrição da situação medida deve constar no relatório.

5.2.2 No exterior da habitação do reclamante, as medições devem ser efetuadas em pontos afastados aproximadamente 1,2 m do piso e pelo menos 2 m de quaisquer outras superfícies refletoras, como muros, paredes etc.

Caso o reclamante indique algum ponto de medição que não atenda as condições de 5.2.1 e 5.2.2, o valor medido neste ponto também deve constar no relatório.

5.3 Medições no interior de edificações

As medições em ambientes internos devem ser efetuadas a uma distância de no mínimo 1 m de quaisquer superfícies, como paredes, teto, pisos e móveis.

NBR 10151:2000 3

Os níveis de pressão sonora em interiores devem ser o resultado da média aritmética dos valores medidos em pelo menos três posições distintas, sempre que possível afastadas entre si em pelo menos 0,5 m.

Caso o reclamante indique algum ponto de medição que não atenda as condições acima, o valor medido neste ponto também deve constar no relatório.

As medições devem ser efetuadas nas condições de utilização normal do ambiente, isto é, com as janelas abertas ou fechadas de acordo com a indicação do reclamante.

5.4 Correções para ruídos com características especiais

5.4.1 O nível corrigido L_c para ruído sem caráter impulsivo e sem componentes tonais é determinado pelo nível de pressão sonora equivalente, LA_{eq} .

Caso o equipamento não execute medição automática do LA_{eq} , deve ser utilizado o procedimento contido no anexo A.

5.4.2 O nível corrigido L_c para ruído com características impulsivas ou de impacto é determinado pelo valor máximo medido com o medidor de nível de pressão sonora ajustado para resposta rápida (*fast*), acrescido de 5 dB(A).

NOTA - Quando forem publicadas Normas Brasileiras para avaliação do incômodo devido ao ruído impulsivo, estas deverão ser aplicadas.

5.4.3 O nível corrigido L_c para ruído com componentes tonais é determinado pelo LA_{eq} acrescido de 5 dB(A).

5.4.4 O nível corrigido L_c para ruído que apresente simultaneamente características impulsivas e componentes tonais deve ser determinado aplicando-se os procedimentos de 5.4.2 e 5.4.3, tomando-se como resultado o maior valor.

6 Avaliação do ruído

6.1 Generalidades

O método de avaliação do ruído baseia-se em uma comparação entre o nível de pressão sonora corrigido L_c e o nível de critério de avaliação NCA, estabelecido conforme a tabela 1.

6.2 Determinação do nível de critério de avaliação - NCA

6.2.1 O nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos está indicado na tabela 1.

6.2.2 Os limites de horário para o período diurno e noturno da tabela 1 podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. Porém, o período noturno não deve começar depois das 22 h e não deve terminar antes das 7 h do dia seguinte. Se o dia seguinte for domingo ou feriado o término do período noturno não deve ser antes das 9 h.

6.2.3 O nível de critério de avaliação NCA para ambientes internos é o nível indicado na tabela 1 com a correção de - 10 dB(A) para janela aberta e - 15 dB(A) para janela fechada.

6.2.4 Se o nível de ruído ambiente L_{ra} , for superior ao valor da tabela 1 para a área e o horário em questão, o NCA assume o valor do L_{ra} .

Tabela 1 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)

Tipos de áreas	Diurno dB(A)	Noturno dB(A)
Áreas de Sítios e Fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

7 Relatório do ensaio

O relatório deve conter as seguintes informações:

- marca, tipo ou classe e número de série de todos os equipamentos de medição utilizados;
- data e número do último certificado de calibração de cada equipamento de medição;
- desenho esquemático e/ou descrição detalhada dos pontos da medição;
- horário e duração das medições do ruído;
- nível de pressão sonora corrigido L_c , indicando as correções aplicadas;
- nível de ruído ambiente;
- valor do nível de critério de avaliação (NCA) aplicado para a área e o horário da medição;
- referência a esta Norma.

ANEXO 2

Tabela 1.4.1 - População residente, por situação do domicílio e sexo, segundo os grupos de religião - Brasil - 2010

[continua]

Grupos de religião	População residente								
	Total	Homens	Mulheres	Situação do domicílio					
				Urbana			Rural		
				Total	Sexo		Total	Sexo	
					Homens	Mulheres		Homens	Mulheres
Total (1)	190 755 799	93 406 990	97 348 809	160 934 649	77 715 676	83 218 972	29 821 150	15 691 314	14 129 837
Católica Apostólica Romana	123 280 172	61 180 316	62 099 856	100 055 896	48 872 817	51 183 078	23 224 277	12 307 499	10 916 778
Católica Apostólica Brasileira	560 781	282 011	278 770	442 244	218 107	224 137	118 537	63 904	54 633
Católica Ortodoxa	131 571	65 727	65 844	113 301	55 942	57 359	18 270	9 785	8 485
Evangélicas	42 275 440	18 782 831	23 492 609	37 824 089	16 663 271	21 160 818	4 451 350	2 119 560	2 331 791
Evangélicas de Missão	7 686 827	3 409 082	4 277 745	6 795 167	2 978 485	3 816 682	891 659	430 597	461 063
Igreja Evangélica Luterana	999 498	482 382	517 116	686 349	321 395	364 954	313 149	160 987	152 162
Igreja Evangélica Presbiteriana	921 209	405 424	515 785	853 864	373 752	480 112	67 345	31 673	35 672
Igreja Evangélica Metodista	340 938	149 047	191 891	325 652	142 148	183 504	15 286	6 899	8 387
Igreja Evangélica Batista	3 723 853	1 605 823	2 118 029	3 466 862	1 488 390	1 978 472	256 901	117 434	139 557
Igreja Evangélica Congrega- cional	109 591	48 243	61 348	94 270	40 878	53 392	15 321	7 365	7 957
Igreja Evangélica Adventista	1 561 071	704 376	856 695	1 341 018	599 837	741 182	220 053	104 539	115 513
Outras Evangélicas de Missão	90 666	13 786	16 880	27 151	12 085	15 066	3 514	1 701	1 814
Evangélicas de origem pentecostal	25 370 484	11 273 195	14 097 289	22 371 352	9 855 098	12 516 253	2 999 132	1 418 097	1 581 035
Igreja Assembleia de Deus	12 314 410	5 586 520	6 727 891	10 366 497	4 662 726	5 703 772	1 947 913	923 794	1 024 119
Igreja Congregação Cristã do Brasil	2 289 634	1 060 218	1 229 416	2 006 550	924 354	1 082 196	283 083	135 863	147 220
Igreja o Brasil para Cristo	196 665	85 768	110 897	177 634	77 173	100 461	19 031	8 595	10 436
Igreja Evangelho Quadrangular	1 808 389	774 696	1 033 693	1 706 628	727 634	978 994	101 761	47 062	54 699
Igreja Universal do Reino de Deus	1 873 243	796 203	1 117 040	1 766 246	708 533	1 057 713	106 908	47 670	59 328
Igreja Casa da Bênção	125 560	52 274	73 276	118 659	49 177	69 483	6 890	3 097	3 793
Igreja Deus é Amor	845 383	365 250	480 133	723 156	308 092	415 063	122 228	57 159	65 069
Igreja Maranata	356 021	156 185	199 835	339 526	148 657	190 869	16 495	7 529	8 966
Igreja Nova Vida	90 568	37 026	53 542	88 898	36 342	52 556	1 670	684	986
Evangélica renovada não deter- minada	23 461	10 412	13 049	21 605	9 549	12 056	1 856	863	993
Comunidade Evangélica	180 130	77 990	102 141	174 584	75 456	99 128	5 546	2 533	3 013
Outras Igrejas Evangélicas de origem pentecostal	5 267 029	2 310 653	2 956 377	4 881 368	2 127 405	2 753 963	385 661	183 247	202 414
Evangélica não determinada	9 218 129	4 100 554	5 117 575	8 657 570	3 829 688	4 827 883	560 559	270 866	289 693

ANEXO 3

LEI Nº 13.885, DE 25 DE AGOSTO DE 2004

(Projeto de Lei nº 139/04, do Executivo, aprovado na forma de Substitutivo do Legislativo).

Estabelece normas complementares ao Plano Diretor Estratégico, institui os Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras, dispõe sobre o parcelamento, disciplina e ordena o Uso e Ocupação do Solo do Município de São Paulo.

MARTA SUPLICY, Prefeita do Município de São Paulo, no uso das atribuições que lhe são conferidas por lei, faz saber que a Câmara Municipal, em sessão de 3 de agosto de 2004, decretou e eu promulgo a seguinte lei:

Art. 1º. Esta lei estabelece normas complementares à Lei nº 13.430, de 13.09.2002 - Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo (PDE) para instituição dos Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras (PRE) nos termos do disposto no inciso III do artigo 270 e do artigo 294 do PDE, dispõe sobre o parcelamento, disciplina e ordena o uso e ocupação do solo do Município de São Paulo, atendendo ao disposto nos artigos 182 a 191 e 295 do PDE.

Parágrafo único. Esta lei está estruturada em três partes:

Parte I - Estabelece Normas Complementares ao Plano Diretor Estratégico - PDE;

Parte II - Institui os Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras - PRE;

Parte III - Dispõe sobre o Parcelamento, Disciplina e Ordena o Uso e Ocupação do Solo.

Parte III - Dispõe sobre o Parcelamento, Disciplina e Ordena o Uso e Ocupação do Solo.

Capítulo IV

Da construção de edificações e da instalação dos usos

Seção I

Dos parâmetros gerais

Art. 174. A instalação de usos residenciais e não residenciais e a construção de edificações no território do Município deverão atender, simultaneamente, as seguintes disposições:

I. parâmetros de incomodidade para os usos não residenciais - nR definidos nos Quadros nº 2/a a 2/h anexos para cada zona de uso, relativos:

- a) à emissão de ruído;
- b) ao horário para carga e descarga;
- c) à vibração associada;
- d) à potência elétrica instalada;
- e) à emissão de radiação;
- f) à emissão de odores;
- g) à emissão de gases, vapores e material particulado;
- h) à emissão de fumaça;

Art. 176. Os parâmetros de incomodidade e as condições de instalação têm como referência:

I. nas zonas de uso:

a) na ZER e nas ZCLz: a preservação da qualidade de vida do uso estritamente residencial;

b) na ZM e na ZMp: o uso residencial;

(Art. 177. A definição dos parâmetros de incomodidade para usos nR referidos no inciso I do artigo 174 e para usos R, tem como objetivo assegurar que:

I. quanto à emissão de ruído:

a) nas ZER, ZCLz - I e ZCLz - II, os níveis de ruído emitidos, durante o período diurno, não prejudiquem a comunicação falada, não perturbem as atividades domésticas normais e, durante o período noturno, não provoquem o despertar ou dificultem o adormecer, de acordo com os parâmetros estabelecidos nos Quadros 02/a e 02/b anexos;

b) na ZM, os níveis de ruído emitidos, durante o período diurno, não perturbem as atividades domésticas normais e, durante o período noturno, não provoquem o despertar ou dificultem o adormecer, de acordo com os parâmetros estabelecidos nos Quadros 02/d e 02/g anexos, para cada tipo de via;

c) na ZPI e nas ZCP e ZCL, os níveis de desconforto acústico sejam toleráveis em ambos os períodos, diurno e noturno, de acordo com os parâmetros estabelecidos nos Quadros 02/c e 02/h anexos;

ANEXO 4

LEGENDA

BENS TOMBADOS

IPHAN / EX-OFFICIO CONDEPHAAT

CONPRES

CONDEPHAAT

OUTROS

ZEPEC (ANTIGA LEI ZB-200)

ÁREA ENVOLTÓRIA CONPRES

ÁREA ENVOLTÓRIA CONDEPHAAT
(até 2003, com raio de proteção de 300m)ÁREA ENVOLTÓRIA CONDEPHAAT
(referente aos bens nas proximidades)ÁREA ENVOLTÓRIA CONDEPHAAT
(a partir de 2003, regulamentadas ou inexistentes)

*A NUMERAÇÃO REFLETE A ORDEM DOS BENS NA CRONOLOGIA DOS TOMBAMENTOS

ANEXO 5**CONDEPHAAT – Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo.****Resolução SC 20/88**

A Secretária da Cultura, nos termos do artigo 1º do Decreto-lei 149, de 15-8-69 e do Decreto 13.426, de 16-3-79, resolve:

Artigo 1º - Fica tombado como monumento de interesse histórico, artístico, arquitetônico, paisagístico e cultural o Conjunto edificado e propriedade dos Dominicanos, situado às Ruas Caiubi, 164 e 126 e Atibaia s/nº, no bairro de Perdizes, nesta Capital. Compreende este Conjunto o patrimônio edificado da 1) Antiga Casa de Chácara, reminiscência da primitiva ocupação do bairro pela família Cardoso de Almeida no início do século, adquirida pelos Dominicanos em 1938; 2) O Convento (antigo) de Santo Alberto: construção de um terço do que originalmente foi projetado para o local em 1939; 3) A Igreja Matriz de São Domingos, com seus respectivos pertences contemporâneos à construção (mobiliário, alfaia, imagens, vitrais e todos os demais equipamentos ligados ao culto). Esta igreja, projeto de 1933 de Adolf Franz Heep, sintetiza com felicidade os elementos estruturais, funcionais e decorativos e, o conjunto confere ao edifício um valor artístico e arquitetônico extremamente significativo; 4) A Arborização e Jardim, contido no interno da propriedade. Parte dessa cobertura vegetal pertence ao primitivo paisagismo da Antiga Chácara, constituindo-se em importante aspecto a ser preservado. Desta forma, o tombamento do Conjunto reconhece a importante participação religiosa, social, educacional e política dos Dominicanos, presentes na vida cultural do Estado e particularmente na da cidade de São Paulo. Artigo 2º - Para efeito legal a Área Envolvente de proteção aos bens tombados, descritos acima, restringe-se exclusivamente aos limites atuais do lote de propriedade dos Dominicanos compreendido pelas Ruas Caiubi e Atibaia, estando nelas incluída o Convento Novo, situado à Rua Atibaia cuja volumetria deverá ser conservada. Trata-se de uma proposta contemporânea construída entre 1981 e 1983, projetada pelos arquitetos Fernando Perez e Marta Milan, que se adapta plenamente ao restante do conjunto edificado e que preservou a cobertura vegetal remanescente. Artigo 3º - Fica o Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo, autorizado a inscrever no Livro do Tombo competente os bens em referência, para os devidos e legais efeitos. Artigo 4º - Esta Resolução entrará em vigor na data de sua publicação

QUADRO nº 02/a Anexo à Parte III da Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004

INSTALAÇÃO DE ATIVIDADES NÃO RESIDENCIAIS POR ZONA DE USO E PARÂMETROS DE INCOMODIDADE

ZONA: CENTRALIDADE LINEAR ZCLZ - I

Folha 1/1

a - PARÂMETROS DE INCOMODIDADE A SEREM OBSERVADOS:

EMIÇÃO DE RUÍDO:	diurno, NCA* ≤ 50 decibéis e noturno NCA* ≤ 45 decibéis, considerados como períodos diurno e noturno aqueles compreendidos entre as 7:00 e 19:00 horas e entre 19:00 e 7:00 horas respectivamente.
HORÁRIO PARA CARGA E DESCARGA:	das 7:00 às 19:00 horas (a)
VIBRAÇÃO ASSOCIADA:	conforme o que vier a ser estabelecido pela legislação ambiental federal, estadual ou municipal ou por Normas da ABNT, na falta deste critério do órgão ambiental municipal, não devendo os níveis atingidos oferecer riscos à saúde e bem estar da população.
(VETADO)	
EMIÇÃO DE RADIAÇÃO:	até limites por faixa de frequência estabelecidos pela Resolução/ANATEL/303/2002, ou outra que vier a sucedê-la ou substituí-la, bem como o disposto na legislação municipal, no que se refere à instalação de antenas transmissoras de telefonia celular.
EMIÇÃO DE ODORES:	vedada a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites das áreas de suas propriedades.
EMIÇÃO DE GASES, VAPORES E MATERIAL PARTICULADO:	vedada emissão ou utilização de processos e operações que gerem gases, vapores e material particulado, exceto fumaça, que possam, mesmo que acidentalmente colocar em risco a saúde, a segurança e o bem estar da população.
EMIÇÃO DE FUMAÇA:	vedada a utilização de combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos, exceto gás de cozinha.

b - CONDIÇÕES A SEREM OBSERVADAS NA INSTALAÇÃO DO USO

CATEGORIA DE USO	GRUPO DE ATIVIDADES (b)	CONDIÇÕES PARA INSTALAÇÃO					
		ÁREA CONSTRUÍDA COMPUTÁVEL MÁXIMA	HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO	NÚMERO MÁXIMO DE FUNCIONÁRIOS POR TURNO	LOTAÇÃO MÁXIMA	VAGAS PARA ESTACIONAMENTO	ÁREA PARA EMBARQUE/ DESEMBARQUE
NÃO RESIDENCIAL nR1 (b)	Comércio de Alimentação Sem Consumo no Local (d)						
	Comércio diversificado (e) (d)						
	Serviços pessoais (d)						
	Serviços de Educação (d)						
	Serviços Sociais (d)						
	Serviços profissionais (e) (d)	250 m² (c) (e)	horário comercial (f) (g)	sem restrição	para qualquer local de reunião, até 100 pessoas	1 vaga/35 m² de área construída ou fração	não exigido
	Serviços de saúde						
	Serviços de Hospedagem ou Moradia (d)						
	Serviços da Administração e Serviço Público (d)						
	Locais para Exposições (d)						

NOTAS:

(7) NCA = Nível Crítico de Avaliação da NBR 10.015/jun 2000

- a) Não se aplica a restrição de horário para carga e descarga ao comércio de jornais e revistas.
- b) Ver Quadro nº 04, anexo à Parte III desta lei, quanto às disposições relativas à largura mínima da via para instalação dos usos não residenciais nR1.
- c) Aplica-se aos Condomínios Comerciais e de Serviços o limite de área construída computável de 500 m².
- d) Ver listagem de atividades permitidas por grupo no Quadro nº 05 anexo à Parte III desta lei.
- e) Não se aplica o limite de área construída quando a edificação em que se pretende instalar a atividade for considerada em situação regular nos termos dos incisos I e II do § 1º do artigo 217 de Lei.
- f) Não se aplica a restrição de horário de funcionamento às planificadoras observado porém o encerramento das atividades às 21:00 hor.
- g) As Bibliotecas poderão funcionar das 8:00 às 23:00 hora.

QUADRO nº 02/b Anexo à Parte III da Lei nº 13.855, de 25 de agosto de 2004
INSTALAÇÃO DE ATIVIDADES NÃO RESIDENCIAIS POR ZONA DE USO E PARÂMETROS DE INCOMODIDADE
ZONA: CENTRALIDADE LINEAR ZCLz - II

a - PARÂMETROS DE INCOMODIDADE A SEREM OBSERVADOS:

EMIÇÃO DE RUÍDO:	diurno, NCA* ≤ 50 decibéis e noturno NCA* ≤ 45 decibéis, considerados como períodos diurno e noturno aqueles compreendidos entre as 7:00 e 19:00 horas e entre 19:00 e 7:00 horas respectivamente.
HORÁRIO PARA CARGA E DESCARGA:	das 7:00 às 19:00 horas(a)
VIBRAÇÃO ASSOCIADA:	conforme o que vier a ser estabelecido pela legislação ambiental federal, estadual ou municipal ou por Normas da ABNT, falta deste a critério do órgão ambiental municipal, não devendo os níveis atingidos oferecer riscos à saúde e bem estar da população
(VETADO)	
EMIÇÃO DE RADIAÇÃO:	até limites por faixa de frequência estabelecidos pela Resolução/Anatel/303/2002, ou outra que vier a sucedê-la ou substituí-la, bem como o disposto na legislação municipal, no que se refere à instalação de antenas transmissoras de telefonia celular.
EMIÇÃO DE ODOR:	vedada a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites das áreas de suas propriedades.
EMIÇÃO DE GASES, VAPORES E MATERIAL PARTICULADO:	vedada emissão ou utilização de processos e operações que gerem gases, vapores e material particulado, exceto fumaça, que possam, mesmo que acidentalmente colocar em risco a saúde, a segurança e o bem estar da população.
EMIÇÃO DE FUMAÇA:	vedada a utilização de combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos, exceto gás de cozinha.

b - CONDIÇÕES A SEREM OBSERVADAS NA INSTALAÇÃO DO USO:

CATEGORIA DE USO	GRUPO DE ATIVIDADES (a)	CONDIÇÕES PARA INSTALAÇÃO					
		ÁREA CONSTRUÍDA COMPUTÁVEL MÁXIMA	HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO	NÚMERO MÁXIMO DE FUNCIONÁRIOS POR TURNO	LOTAÇÃO MÁXIMA	VAGAS PARA ESTACIONAMENTO	ÁREA PARA EMBARQUE/ DESEMBARQUE
NÃO RESIDENCIAL nR1 (b)	Serviços profissionais (e) (d)	250 m² (c) (e)	horário comercial	sem restrição	para qualquer local de reunião, até 100 pessoas	1 vaga/35 m² de área construída ou fração	não exigido
	Serviços de Hospedagem ou Moradia (d)						
	Serviços de Saúde						
	Locais para Exposições (d)						
							PATIO PARA CARGA E DESCARGA

NOTAS:

- (*) NCA = Nível Crítico de Avaliação da NBR 10.015/jun 200
- a) Não se aplica a restrição de horário para carga e descarga ao comércio de jornais e revistas
- b) Ver Quadro nº 04, anexo à Parte III desta lei, quanto às disposições relativas à largura mínima da via para instalação dos usos não residenciais nR1.
- c) Condomínios Comerciais e de Serviços não são permitidos na ZCLz-II.
- d) Ver listagem de atividades permitidas por grupo no Quadro nº 05 anexo à Parte III desta lei.
- e) Não se aplica o limite de área construída quando a edificação em que se pretende instalar a atividade for considerada em situação regular nos termos dos incisos I e II do § 1º do artigo 217 desta Lei.

QUADRO nº 02/c Anexo à Parte III da Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004
INSTALAÇÃO DE ATIVIDADES NÃO RESIDENCIAIS POR ZONA DE USO E PARÂMETROS DE INCOMODIDADE
ZONA: CENTRALIDADE LINEAR POLAR OU LINEAR ZCP, ZCL, ZCPL^(a) e ZCLP^(a)

Folha 1/2

1.a - PARÂMETROS DE INCOMODIDADE A SEREM OBSERVADOS:					
EMISSÃO DE RUÍDO:		diurno, NCA* ≤ 65 decibéis e noturno NCA* ≤ 55 decibéis, considerados como períodos diurno e noturno aqueles compreendidos entre as 7:00 e 22:00 horas e entre 22:00 e 7:00 horas respectivamente.			
HORÁRIO PARA CARGA E DESCARGA:		sem restrição			
VIBRAÇÃO ASSOCIADA:		conforme o que vier a ser estabelecido pela legislação ambiental federal, estadual ou municipal ou por Normas da ABNT, na falta deste critério do órgão ambiental municipal, não devendo os níveis atingidos oferecer riscos à saúde e bem estar da população.			
(NETADO)					
EMISSÃO DE RADIAÇÃO:		até limites por faixa de frequência estabelecidos pela Resolução/Anatel/303/2002, ou outra que vier a sucedê-la ou substituí-la, bem como o disposto na legislação municipal, no que se refere à instalação de antenas transmissoras de telefonia celular			
EMISSÃO DE ODORES:		vedada a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites das áreas de suas propriedades.			
EMISSÃO DE GASES, VAPORES E MATERIAL PARTICULADO:		vedada a emissão ou utilização processos ou operações que gerem gases, vapores e/ou material particulado, exceto fumaça, que possam, mesmo acidentalmente, colocar em risco a saúde, a segurança e o bem estar da população.			
EMISSÃO DE FUMAÇA:		permitida a utilização de qualquer tipo de combustível, não podendo emitir fumaça odorante com densidade colorimétrica superior ao padrão nº1 da escala de Ringelmann, inclusive no início da operação do equipamento e durante sua limpeza.			

1.b - CONDIÇÕES A SEREM OBSERVADAS NA INSTALAÇÃO DO USO							
CONDIÇÕES PARA INSTALAÇÃO							
CATEGORIA DE USO	GRUPO DE ATIVIDADES	ÁREA CONSTRUÍDA COMPUTÁVEL MÁXIMA	HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO	NÚMERO MÁXIMO DE FUNCIONÁRIOS POR TURNO	LOTAÇÃO MÁXIMA	VAGAS PARA ESTACIONAMENTO	ÁREA PARA EMBARQUE/ DESEMBARQUE
NÃO RESIDENCIAL nR1 e nR2 (b) (c) (d) (e)	Comércio de abastecimento de âmbito local					1) para área construída ≤ 100 m², 1 vaga a cada 50 m² de área computável ou fração; 2) para área construída > 100 m², 1 vaga a cada 4 m² da área destinada aos consumidores	não exigida
	Comércio diversificado						exigida
	Comércio Especializado	sem restrição (d)	sem restrição	sem restrição	sem restrição (d)	1) nR1 = 1 vaga a cada 50 m² de área construída computável ou fração; 2) nR2 = 1 vaga a cada 30 m² de área construída computável ou fração.	sem exigência específica
	Indústrias compatíveis - Ind1a						
	Indústrias toleráveis - Ind1b						
	Locais de Reunião ou Eventos						exigida
	Serviços de armazenamento e guarda de bens móveis						
	Serviços Sociais						sem exigência específica

QUADRO nº 02/d Anexo à Parte III da Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004

INSTALAÇÃO DE ATIVIDADES NÃO RESIDENCIAIS POR ZONA E CATEGORIA DE VIA DO SISTEMA VIÁRIO DO MUNICÍPIO E PARÂMETROS DE INCOMODIDADE

ZONA: ZM e ZMp
VIAS LOCAIS

Folha 1/1

PARÂMETROS DE INCOMODIDADE A SEREM OBSERVADOS:

EMISSION DE RUÍDO:	Na ZM-1 e ZMp - diurno, NCA* ≤ 55 decibéis e noturno NCA* ≤ 45 decibéis, considerados como períodos diurno e noturno aqueles compreendidos entre as 7:00 e 22:00 horas e entre 22:00 e 7:00 horas respectivamente. Na ZM-2 e ZM-3 - diurno, NCA* ≤ 65 decibéis e noturno NCA* ≤ 45 decibéis, considerados como períodos diurno e noturno aqueles compreendidos entre as 7:00 e 22:00 horas e entre 22:00 e 7:00 horas respectivamente.
HORÁRIO PARA CARGA E DESCARGA:	considerado como das 08:00 às 20:00 horas (a)
VIBRAÇÃO ASSOCIADA:	conforme o que vier a ser estabelecido pela legislação ambiental federal, estadual ou municipal ou por Normas da ABNT, na falta deste critério do órgão ambiental municipal, não devendo os níveis atingidos oferecer riscos à saúde e bem estar da população.
EMISSION DE RADIAÇÃO:	até limites por faixa de frequência estabelecidos pela Resolução/ANATEL/303/2002, ou outra que vier a sucedê-la ou substituí-la, bem como o disposto na legislação municipal, no que se refere à instalação de antenas transmissoras de telefonia celular.
EMISSION DE ODORES:	vedada a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites das áreas de suas propriedades.
EMISSION DE GASES, VAPORES E MATERIAL PARTICULADO:	vedada a emissão ou utilização de processos e operações que gerem gases, vapores e/ou material particulado, exceto fumaça, em quantidade que possa, mesmo acidentalmente colocar em risco a saúde, segurança e bem estar da população.
EMISSION DE FUMAÇA:	vedada a utilização de combustíveis sólidos ou líquidos, e, quando da utilização de combustíveis gasosos não poderão emitir fumaça visível e odorante.

CONDIÇÕES A SEREM OBSERVADAS NA INSTALAÇÃO DO USO:

CATEGORIA DE USO	GRUPO DE ATIVIDADES (e) (f) (g)	ÁREA CONSTRUÍDA COMPUTÁVEL MÁXIMA	HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO	CONDIÇÕES PARA INSTALAÇÃO				
				NÚMERO MÁXIMO DE FUNCIONÁRIOS POR TURNO	LOTAÇÃO MÁXIMA	VAGAS PARA ESTACIONAMENTO	ÁREA PARA EMBARQUE/DESEMBARQUE	PÁTIO PARA CARGA E DESCARGA
NÃO RESIDENCIAL nRI (b)	Comércio de Abastecimento de Ambiente Local	250 m² (d)	das 06 às 20:00 (e)(f)	sem restrição	restrita à capacidade definida para as áreas destinadas a locais de reunião de acordo com a legislação de segurança de uso das edificações	1 vaga/50 m² de área construída ou fração	não exigido	não exigido
	Comércio diversificado			até 20 funcionários (c)				
	Indústrias compatíveis- Indústria			sem restrição				
	Serviços da Administração Pública e Serviços Públicos (d)			até 20 funcionários (c)				
	Serviços pessoais (b)			sem restrição				
	Serviços profissionais			sem restrição				
	Serviços técnicos de confecção ou manutenção			sem restrição				
	Associações comunitárias, culturais e esportivas (h)			sem restrição				
	Locais de reunião e eventos (h)			sem restrição				
	Serviços de educação (b)			sem restrição				
	Serviços Sociais (b)			sem restrição				
	Serviços de hospedagem ou moradia (g)			sem restrição				

NOTAS:

(1)

(f) NCA = Nível Crítico de Avaliação da NBR 10.015/jun 2000

a) Não se aplica a restrição de horário para carga e descarga ao comércio de jornais e revistas.

b) Ver Quadro nº 04, anexo à Parte III desta lei, quanto às disposições relativas à largura mínima da via para instalação dos usos não residenciais nRI.

c) Em vias com largura ≥ 12,00 metros o número máximo de funcionários por turno será igual a 50.

d) Não se aplica o limite de área construída quando o imóvel em que se pretende instalar a atividade for considerada em situação regular de acordo com o artigo 217 desta lei.

e) Não se aplica a restrição de horário de funcionamento às planificadoras observadas, porém, o encerramento das atividades às 22:00 horas.

f) As Escolas poderão funcionar das 6:00 às 23:00 horas.

g) As atividades " Hotéis, Flats e outros tipos de hospedagem", somente serão admitidas em imóveis limítrofes a vias com largura maior ou igual a 12,00 metros e desde que observada a previsão de área para embarque e desembarque de veículos, inclusive para ônibus de turismo.

h) Os grupos de atividades Locais de reunião e eventos e Associações comunitárias, culturais e esportivas são permitidas apenas nas zonas ZM-2 e ZM-3, e vedadas nas zonas ZM-1 e ZM-2.

QUADRO nº 02 de Anexo à Parte III da Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004
INSTALAÇÃO DE ATIVIDADES NÃO RESIDENCIAIS POR ZONA E CATEGORIA DE VIA DO SISTEMA VIÁRIO DO MUNICÍPIO E PARÂMETROS DE INCOMODIDADE

ZONA: ZM e ZMp
VIAS COLETORAS

Folha 1/2

PARÂMETROS DE INCOMODIDADE A SEREM OBSERVADOS:									
EMISSÃO DE RUÍDO:		diurno, NCA* ≤85 decibéis e noturno NCA* ≤ 45 decibéis, considerados como períodos diurno e noturno aqueles compreendidos entre as 7:00 e 22:00 horas e entre 22:00 e 7:00 horas respectivamente.							
HORÁRIO PARA CARGA E DESCARGA:		de acordo com regulamentação do órgão competente.							
VIBRAÇÃO ASSOCIADA:		conforme o que vier a ser estabelecido pela legislação ambiental federal, estadual ou municipal ou por Normas da ABNT, na falta deste a critério do órgão ambiental municipal, não devendo os níveis atingidos oferecer riscos à saúde e bem estar da população.							
(VETADO)									
EMISSÃO DE RADIAÇÃO:		até limites por faixa de frequência estabelecidos pela Resolução/Anatel/303/2002, ou outra que vier a sucedê-la ou substituí-la, bem como o disposto na legislação municipal, no que se refere à instalação de antenas transmissoras de telefonia celular.							
EMISSÃO DE ODORES:		vedada a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites das áreas de suas propriedades.							
EMISSÃO DE GASES, VAPORES E MATERIAL PARTICULADO:		vedada a emissão ou utilização de processos e operações que gerem gases, vapores e/ou material particulado, exoeito fumaça, que possam, mesmo acidentalmente, colocar em risco a saúde, a segurança e o bem estar da população.							
EMISSÃO DE FUMAÇA:		permitida a utilização de qualquer tipo de combustível, não podendo emitir fumaça visível e odorante.							
CONDIÇÕES A SEREM OBSERVADAS NA INSTALAÇÃO DO USO:									
CONDIÇÕES PARA INSTALAÇÃO									
CATEGORIA DE USO	GRUPO DE ATIVIDADES (a)	ÁREA CONSTRUÍDA COMPUTÁVEL MÁXIMA	HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO	NÚMERO MÁXIMO DE FUNCIONÁRIOS POR TURNO	LOTAÇÃO MÁXIMA	VAGAS PARA ESTACIONAMENTO	ÁREA PARA EMBARQUE/DESEMBARQUE	PÁTIO PARA CARGA E DESCARGA	
RESIDENCIAL NÃO RESIDENCIAL nR1 e nR2 (b) (c)	Comércio de abastecimento de âmbito local		das 06:00 às 22:00 (d)			1) para área construída ≤ 100 m²: 1 vaga a cada 50 m² de área construída ou traço; 2) para área construída > 100 m²: 1 vaga a cada 4 m² de área destinada aos consumidores			
	Comércio de alimentação ou associado a diversões	sem restrição	(f)	sem restrição	restrita à capacidade definida para as áreas destinadas aos locais de reunião de acordo com a legislação de segurança das edificações	1) nR1 – 1 vaga a cada 50 m² de área construída computável ou traço; 2) nR2 – 1 vaga a cada 35 m² de área construída computável ou traço; 3) para área construída computável > 1.000 m²: 1 vaga a cada 1.000 m² ou traço de área construída computável, com espaço para manobra interna	não exigido		
	Comércio diversificado								
	Comércio Especializado		das 06:00 às 22:00						
	Indústrias Compatíveis e Toleráveis - Ind1a e Ind1b		das 06:00 às 20:00	até 99 funcionários (e)					
	Locais de Reunião ou Eventos	2.500 m2 (h)	das 07:00 às 23:00						
	Associações comunitárias, culturais e esportivas								
	Serviços de armazenamento e guarda de bens móveis	750 m² (e) (h)	das 06:00 às 22:00	sem restrição					
	Serviços Sociais		sem restrição						
	Serviços técnicos de confecção ou manutenção								
	Oficinas	sem restrição	das 06:00 às 20:00	até 99 funcionários (e)					
	Serviços de educação								

CONDIÇÕES PARA INSTALAÇÃO								
CATEGORIA DE USO	GRUPO DE ATIVIDADES (d)	ÁREA CONSTRUÍDA COMPUTÁVEL MÁXIMA	HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO	NÚMERO MÁXIMO DE FUNCIONÁRIOS POR TURNO	LOTAÇÃO MÁXIMA	VAGAS PARA ESTACIONAMENTO	ÁREA PARA EMBARQUE/ DESEMBARQUE	PÁTIO PARA CARGA E DESCARGA
NÃO RESIDENCIAL nR1 e nR2 (b) (c)	Estabelecimentos de Ensino Não Seniado	sem restrição	das 6:00 às 23:00 horas	sem restrição	sem restrição	1) nR1 = 1 vaga a cada 50 m² de área construída computável ou fração; 2) nR2 = 1 vaga a cada 35 m² de área construída computável ou fração.	não exigida	1) para área construída computável ≤ 100 m² não obrigatório; 2) para área construída computável > 100 m² e ≤ 1.000 m², 1 vaga com espaço para manobra interno ao lote; 3) para área construída computável > 1.000 m², 1 vaga a cada 1.000 m² ou fração de área construída computável, com espaço para manobra interno ao lote.
	Serviços de hospedagem ou moradia		sem restrição				exigida	
	Serviços de lazer cultura e esportes (f)		das 6:00 às 23:00 horas				não exigida	
	Serviços de saúde	750 m² (g)	sem restrição			1 vaga a cada 35 m² de área construída computável ou fração (h)	exigida	
	Serviços da Administração Pública e Serviços Públicos (d)	sem restrição					não exigida	
	Serviços pessoais	sem restrição					não exigida	
	Serviços profissionais	sem restrição	das 6:00 às 23:00 horas					

NOTAS:

(*) NCA = Nível Critério de Avaliação da NBR 10.015/jun 2000

a) Não se aplica a restrição de horário para carga e descarga ao comércio de jornais e revistas

b) Para vias com largura inferior a 12,00 metros, aplicam-se as disposições da Zona de Uso ZM para as Vias Locais.

c) Ver Quadro nº 04, anexo à Parte III desta lei, quanto às disposições relativas à largura mínima da via para instalação dos usos não residenciais nR1 e nR2.

d) O horário de funcionamento refere-se exclusivamente ao horário em que o estabelecimento poderá ser aberto aos consumidores ou clientes, não se aplicando à atividades no estabelecimento relativas à produção do bem/serviço oferecido/prestado no local, observados entretanto os parâmetros de incomodidade estabelecidos para o local

e) Não se aplica o limite de número de funcionários por turno aos grupos de atividades ofinas, serviços técnicos de confecção e manutenção, industriais Ind1a e Ind1b instaladas em imóveis lindeiros às vias Coletoras e Estruturais N3 com largura maior ou igual a 20,00 metros

f) Nas vias coletoras, a instalação de "academias de ginástica, lutas marciais e similares" deverá observar isolamento acústico em todas as salas de aulas.

g) A atividade "hospital" somente será permitida em imóveis lindeiros às vias coletoras com largura maior ou igual a 20,00 metros, não se aplicando nesse caso o limite de área construída. O número de vagas para estacionamento para essa atividade será estabelecido mediante análise caso a caso.

h) Recuos laterais e de fundos de acordo com artigo 186 desta lei.

i) Observar o disposto no artigo 219 desta lei.

QUADRO nº 02/ Anexo à Parte III da Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004
INSTALAÇÃO DE ATIVIDADES NÃO RESIDENCIAIS POR ZONA E CATEGORIA DE VIA DO SISTEMA VIÁRIO DO MUNICÍPIO E PARÂMETROS DE INCOMODIDADE
ZONA: ZM e ZMp
ESTRUTURAIS N3

Folha 1/2

PARÂMETROS DE INCOMODIDADE A SEREM OBSERVADOS:

EMISSION DE RUÍDO:	diurno, NCA* 566 decibéis e noturno NCA* 50 decibéis, considerados como períodos diurno e noturno aqueles compreendidos entre as 7:00 e 22:00 horas e entre 22:00 e 7:00 horas respectivamente.
HORÁRIO PARA CARGA E DESCARGA:	de acordo com regulamentação do órgão competente.
VIBRAÇÃO ASSOCIADA:	conforme o que vier a ser estabelecido pela legislação ambiental federal, estadual ou municipal ou por Normas da ABNT, na falta deste a critério do órgão ambiental municipal, não devendo os níveis atingidos oferecer riscos à saúde e bem estar da população.
(NETADO)	
EMISSION DE RADIAÇÃO:	até limites por faixa de frequência estabelecidos pela Resolução/Anatel/303/2002, ou outra que vier a sucedê-la ou substituí-la, bem como disposto na legislação municipal, no que se refere à instalação de antenas transmissoras de telefonia celular.
EMISSION DE ODORES:	vedada a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites das áreas de suas propriedades.
EMISSION DE GASES, VAPORES E MATERIAL PARTICULADO:	vedada a emissão ou utilização de processos e operações que gerem gases, vapores e/ou material particulado, exceto fumaça, que possam, mesmo acidentalmente, colocar em risco a saúde, a segurança e o bem estar da população.
EMISSION DE FUMAÇA:	permitida a utilização de qualquer tipo de combustível, não podendo emitir fumaça visível e odorante.

CONDIÇÕES A SEREM OBSERVADAS NA INSTALAÇÃO DO USO:

CATEGORIA DE USO	GRUPO DE ATIVIDADES (d)	CONDIÇÕES PARA INSTALAÇÃO					PATIO PARA CARGA E DESCARGA
		ÁREA CONSTRUÍDA COMPUTÁVEL MÁXIMA	HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO	NÚMERO MÁXIMO DE FUNCIONÁRIOS POR TURNO	LOTAÇÃO MÁXIMA	VAGAS PARA ESTACIONAMENTO	
NÃO RESIDENCIAL nR1 e nR2 (b) (c)	Comércio de abastecimento de âmbito local					1) para área construída ≤ 100 m², 1 vaga a cada 50 m² de área construída ou traço; 2) para área construída > 100 m², 1 vaga a cada 4 m² da área destinada aos consumidores	
	Comércio de alimentação ou associado a diversões	sem restrição					
	Comércio diversificado						
	Comércio Especializado						
	Indústrias Compatíveis e Toleráveis - Ind1a e Ind1b						
	Locais de Reunião ou Eventos						
	Serviços de lazer cultura e esportes (e)	2.500 m² (a) (c)	sem restrição	sem restrição	sem restrição	1 vaga a cada 50 m² de área construída ou traço	não exigida
	Associações comunitárias, culturais e esportivas						
	Serviços de armazenamento e guarda de bens móveis	750 m² (a) (c)				1) nR1 = 1 vaga a cada 50 m² de área construída ou traço; 2) nR2 = 1 vaga a cada 35 m² de área construída ou traço. Vedada a locação para uso de estacionamentos privados.	
	Serviços Sociais						
Serviços técnicos de confecção ou manutenção							
Oficinas	sem restrição						
Serviços de educação						congregação nas áreas consideradas Área Especial de Tráfego	
Estabelecimentos de Ensino							
Sentado							

CATEGORIA DE USO	GRUPO DE ATIVIDADES (d)	CONDIÇÕES PARA INSTALAÇÃO						
		ÁREA CONSTRUÍDA COMPUTÁVEL MÁXIMA	HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO	NÚMERO MÁXIMO DE FUNCIONÁRIOS POR TURNO	LOTAÇÃO MÁXIMA	VAGAS PARA ESTACIONAMENTO	ÁREA PARA EMBARQUE/ DESEMBARQUE	PÁTIO PARA CARGA E DESCARGA
NÃO RESIDENCIAL nr1 e nr2 (a) (b)	Estabelecimentos de Ensino Não Senado					1) nr1 = 1 vaga a cada 50 m² de área construída computável ou tração; 2) nr2 = 1 vaga a cada 35 m² de área construída computável ou tração.	não exigido	
	Serviços de hospedagem ou moradia						obrigatória a previsão	1) para área construída computável ≤ 100 m² não obrigatório; 2) para área construída computável > 100 m² e ≤ 1.000 m², 1 vaga com espaço para manobra interna; 3) para área construída computável > 1.000 m², 1 vaga a cada 1.000 m² ou tração de área construída computável, com espaço para manobra interna.
	Serviços de saúde (c) (d)							
	Serviços da Administração Pública e Serviços Públicos (b)	sem restrição	sem restrição	sem restrição	sem restrição	1 vaga a cada 35 m² de área construída computável ou tração (h)	não exigido (h)	
	Serviços pessoais							
	Serviços profissionais							

NOTAS:

(r) NCA = Nível Critério de Avaliação da NBR 10.015/jun 2000

- a) Para vias com largura inferior a 12,00 metros, aplicam-se as disposições da Zona de Uso ZM para as Vias Locais.
- b) Ver Quadro nº 04, anexo à Parte III desta lei, quanto às disposições relativas à largura mínima da via para instalação dos usos não residenciais nr1 e nr2.
- c) A instalação das atividades hospitalares e laboratório de análises clínicas com área construída total superior a 750 m² deverá prever área para embarque e desembarque de clientes/usuários.
- d) A atividade "hospital" somente será permitida em imóveis limítrofes às vias estruturas N3 com largura maior ou igual a 20,00 metros, não se aplicando nesse caso o limite de área construída. O número de vagas para estacionamento para essa atividade será estabelecido mediante análise caso a caso pelo órgão competente.
- e) Recursos laterais e de fundos de acordo com artigo 188 desta lei.

QUADRO nº 02/g Anexo à Parte III da Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004
 INSTALAÇÃO DE ATIVIDADES NÃO RESIDENCIAIS POR ZONA E CATEGORIA DE VIA DO SISTEMA VIÁRIO DO MUNICÍPIO E PARÂMETROS DE INCOMODIDADE
 ZONA: ZM e ZMP
 VAS ESTRUTURAIS M¹(a) e N2

Folha 1/2

PARÂMETROS DE INCOMODIDADE A SEREM OBSERVADOS:

EMISSION DE RUÍDO:	diurno, NCA' ≤ 85 decibéis e noturno NCA' ≤ 55 decibéis, considerados como períodos diurno e noturno aqueles compreendidos entre as 7:00 e 22:00 horas e entre 22:00 e 7:00 horas respectivamente.
HORARIO PARA CARGA E DESCARGA	sem restrição
VIBRAÇÃO ASSOCIADA	conforme o que vier a ser estabelecido pela legislação ambiental federal, estadual ou municipal ou por Normas da ABNT, na falta desta a critério do órgão ambiental municipal, não devendo os níveis atingidos oferecer riscos à saúde e bem estar da população.
(VETADO)	
EMISSION DE RADIAÇÃO:	até limites por faixa de frequência estabelecidos pela Resolução/Anatel/303/2002, ou outra que vier a sucedê-la ou substituí-la, bem como o disposto na legislação municipal, no que se refere à instalação de antenas transmissoras de telefonia celular.
EMISSION DE ODORES:	vedada a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites das áreas de suas propriedades.
EMISSION DE GASES, VAPORES E MATERIAL PARTICULADO:	vedada a emissão ou utilização processos ou operações que gerem gases, vapores e/ou material particulado, exceto fumaça, que possam, mesmo acidentalmente, colocar em risco a saúde, a segurança e o bem estar da população.
EMISSION DE FUMAÇA:	permitida a utilização de qualquer tipo de combustível, não podendo emitir fumaça odorante com densidade colorimétrica superior ao padrão nº 1 da escala de Ringelmann, inclusive no início da operação do equipamento e durante sua limpeza.

CONDIÇÕES A SEREM OBSERVADAS NA INSTALAÇÃO DO USO:

CATEGORIA DE USO	GRUPO DE ATIVIDADES	CONDIÇÕES PARA INSTALAÇÃO					
		ÁREA CONSTRUÍDA COMPUTÁVEL MÁXIMA	HORARIO DE FUNCIONAMENTO	NÚMERO MÁXIMO DE FUNCIONÁRIOS POR TURNO	LOTAÇÃO MÁXIMA	VAGAS PARA ESTACIONAMENTO	ÁREA PARA EMBARQUE/DESEMBARQUE
NÃO RESIDENCIAL NR1 e NR2 (a) (b) (c) (d) (e)	Comércio de abastecimento de âmbito local					1) para área construída ≤ 100 m², 1 vaga a cada 50 m² de área computável ou trapêz; 2) para área construída > 100 m², 1 vaga a cada 4 m² da área destinada aos consumidores	não obrigatório
	Comércio de alimentação ou associado a diversos (d)						previsão obrigatória
	Comércio diversificado						não obrigatório
	Comércio Especializado	sem restrição (d)	sem restrição	sem restrição	sem restrição (d)		previsão obrigatória
	Indústrias Compatíveis- Ind1a (e)						sem exigência específica
	Indústrias Toleráveis - Ind1b (e)						
	Serviços de armazenamento e guarda de bens móveis						
	Serviços Sociais						

CATEGORIA DE USO	GRUPO DE ATIVIDADES	CONDIÇÕES PARA INSTALAÇÃO					
		ÁREA CONSTRUIDA COMPUTÁVEL MÁXIMA	HORÁRIO DE FUNCIONAMENTO	NÚMERO MÁXIMO DE FUNCIONÁRIOS POR TURNO	LOTAÇÃO MÁXIMA	VAGAS PARA ESTACIONAMENTO	ÁREA PARA EMBARQUE/DESEMBARQUE
NÃO RESIDENCIAL nR1 e nR2 (a) (b) (c) (d) (e)	Serviços técnicos de confecção ou manutenção						
	Offinas						
	Estabelecimentos de Ensino Seriado (d)						
	Estabelecimentos de Ensino Não Seriado						
	Serviços de hospedagem ou moradia						
	Serviços de lazer cultura e esportes (d)	sem restrição (d)	sem restrição	sem restrição	sem restrição (d)	1) nR1 = 1 vaga a cada 50 m² de área construída computável ou trapço. nR2 = 1 vaga a cada 35 m² de área construída computável ou trapço.	1) para área construída computável: 100 m² não obrigatório; 2) para área construída computável > 100 m² e 1.000 m²: 1 vaga com espaço para manobra interna; 3) para área construída computável > 1.000 m² ou trapço de área construída computável com espaço para manobra interna.
	Serviços de saúde (d)						
	Serviços da Administração e Serviços Públicos (d)						
	Serviços pessoais						
	Serviços profissionais						

NOTAS:

(*) NCA = Nível Critério de Avaliação da NBR 10.015/jun 2000

a) Nas vias estruturais N1, a instalação de qualquer atividade listada como nR1 ou nR2 deverá observar a previsão de acesso por via marginal ou por pista de acomodação, sendo vedado o acesso direto ao imóvel.

b) Para vias com largura inferior a 16,00 metros, mas não inferior a 12,00 metros, aplicam-se as disposições do Quadro nº 02/f para as estruturais N3 na ZM, para vias com largura inferior a 12 mas não inferior a 10, aplicam-se as disposições do Quadro no. 02/e para as vias coletoras na ZM.

c) Para vias com largura inferior a 10,00 metros mas não inferior a 7,00 metros, aplicam-se as disposições do Quadro nº 02/d para as vias locais na ZM.

d) Ver Quadro nº 04, anexo à Parte III desta lei, quanto às larguras mínimas das vias para a instalação dos usos não residenciais.

e) Ver artigo 173 desta lei quanto a instalação das indústrias Ind - 1a em vias com largura inferior a 10,00 metros mas não inferior a 7,00 metros.

QUADRO nº 02h Anexo à Parte III da Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004
INSTALAÇÃO DE ATIVIDADES NÃO RESIDENCIAIS POR ZONA DE USO E PARÂMETROS DE INCOMODIDADE

ZONA: ZONA PREDOMINANTEMENTE INDUSTRIAL - ZPI

Folha 1/1

1.a - PARÂMETROS DE INCOMODIDADE A SEREM OBSERVADOS:

EMISSION DE RUÍDO	Vias locais: período diurno, NCA* ≤ 65 decibéis e noturno NCA* ≤ 55 decibéis. Vias coletoras e estruturais: período diurno, NCA* ≤ 70 decibéis e noturno NCA* ≤ 60 decibéis. São considerados como períodos diurno e noturno aqueles compreendidos entre as 7:00 e 22:00 horas e entre 22:00 e 7:00 horas respectivamente.
HORÁRIO PARA CARGA E DESCARGA	sem restrição
VIBRAÇÃO ASSOCIADA (VETADO)	conforme o que vier a ser estabelecido pela legislação ambiental federal, estadual ou municipal ou por Normas da ABNT, na falta deste a critério do órgão ambiental municipal, não devendo os níveis atingidos oferecer riscos à saúde e bem estar da população.
EMISSION DE RADIAÇÃO	até limites por faixa de frequência estabelecidos pela Resolução/ANATEL/303/2002, ou outra que vier a sucedê-la ou substituí-la, bem como o disposto na legislação municipal, no que se refere à instalação de antenas transmissoras de telefonia celular.
EMISSION DE ODORES	vedada a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites das áreas de suas propriedades. A constatação da percepção será efetuada por técnicos credenciados da SVMA.
EMISSION DE GASES, VAPORES E MATERIAL PARTICULADO	deverá ser controlada a emissão de gases, vapores e material particulado gerado em seus processos e operações, através de sistemas de controle que atendam aos padrões ambientais vigentes, ou, na ausência dos mesmos, que utilizem a melhor tecnologia prática disponível para cada caso.
EMISSION DE FUMAÇA	permite a utilização de qualquer tipo de combustível, não podendo emitir fumaça odorante e com densidade colimétrica superior ao padrão no. 1 da escala de Ringelmann.

1.b - CONDIÇÕES A SEREM OBSERVADAS NA INSTALAÇÃO DO USO:

VAGAS PARA ESTACIONAMENTO DE VEÍCULOS	1 vaga a cada 35 m ² de área construída computável ou fração
PÁTIO PARA CARGA E DESCARGA	1) para área construída computável ≤ 100 m ² não obrigatório; 2) para área construída computável > 100 m ² e ≤ 1.000 m ² : 1 vaga com espaço para manobra interna; 3) para área construída computável > 1.000 m ² : 1 vaga a cada 1.000 m ² ou fração de área construída computável, com espaço para manobra interna.

1.c - USOS PERMITIDOS:

CATEGORIAS DE USO PERMITIDAS	GRUPOS DE ATIVIDADES PERMITIDAS
NÃO RESIDENCIAL nr1 e nr2 (a) (b) (c) (d) (e)	Comércio de abastecimento de âmbito local
	Comércio de alimentação ou associado a diversões
	Comércio diversificado
	Comércio Especializado
	Indústrias Compatíveis- Ind1a (e)
	Indústrias Toleráveis - Ind1b
	Indústrias Incompatíveis - Ind2
	Locais de Reunião ou Eventos (d)
	Associações comunitárias, culturais e esportivas
	Serviços de armazenamento e guarda de bens móveis
Serviços técnicos de construção ou manutenção	Oficinas
	Estabelecimentos de Ensino Não Seniado
	Serviços de lazer cultura e esportes (d)
	Serviços da Administração e Serviços Públicos
	Serviços pessoais
Serviços profissionais	

NOTAS:

- (*) NCA = Nível Crítico de Avaliação da NBR 10.015/Jun 2000
- a) Nas vias estruturais N1, a instalação de qualquer atividade listada como nr1 ou nr2 deverá observar a previsão de acesso por via marginal ou por pista de acomodação, sendo vedado o acesso direto ao imóvel.
- b) Para vias com largura inferior a 18,00 metros, mas não inferior a 10,00 metros, aplicam-se as disposições do Quadro nº 02le, anexo à Parte III desta lei para a zona de uso ZM em vias coletoras e estruturais N3.
- c) Para vias com largura inferior a 10,00 metros mas não inferior a 7,00 metros, aplicam-se as disposições do Quadro nº 02ld para a Zona de Uso ZM em Vias Locais
- d) Ver Quadro nº 04, anexo à Parte III desta lei, quanto às larguras mínimas das vias para a instalação dos usos não residenciais
- e) Ver artigo 173 desta lei quanto a instalação das indústrias Ind - 1a em vias com largura inferior a 10,00 metros mas não inferior a 7,00 metros

ANEXO 7

DEZ 1987 NBR 10152
Níveis de ruído para conforto acústico

Procedimento

Origem: Projeto NB-95/1986
CE-00:001.06 - Comissão de Estudo de Acústica
GT-1 - Especificações Acústicas
NBR 10152 - Acoustics - Loud levels for acoustical comfort - Procedure
Descriptors: Loud. Highest level. Accoustical comfort

Palavras-chave: Ruído. Níveis máximos. Conforto acústico 4 páginas

SUMÁRIO

1 Objetivo
2 Documentos complementares
3 Definições
4 Condições gerais
ANEXO - Análise de frequências

1 Objetivo

Esta Norma fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos.

Notas: a) As questões relativas a riscos de dano à saúde em decorrência do ruído são estudadas em normas específicas.

b) A aplicação desta Norma não exclui as recomendações básicas referentes às demais condições de conforto.

2 Documentos complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 10151 - Avaliação de ruído em áreas habitadas, visando ao conforto da comunidade - Procedimento
IEC 225 - Octave, half-octave and third-octave band filters

intended for the analysis of sound and vibrations
IEC 651 - Sound level meters

3 Definições

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1 a 3.4.

3.1 Pressão sonora ponderada A, em pascals (P_{PA})
Valor eficaz (RMS) da pressão sonora determinada pelo uso do circuito ponderado A, conforme a IEC 651.

3.2 Nível pressão sonora, em decibels (L_p)

O nível da pressão sonora é dado pela expressão:

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{P_0} \right)^2 \quad [dB]$$

Onde:

P = valor eficaz da pressão, em pascals

P₀ = pressão sonora de referência (20 µPa)

3.3 Nível de pressão sonora ponderado L_{p_A} , em decibels (A)

O nível de pressão sonora ponderado L_{p_A} é dado pela expressão:

$$L_{p_A} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_A}{P_0} \right)^2 \quad [dB(A)]$$

3.4 Curva de avaliação de ruído (NC)

Método de avaliação de um ruído num ambiente determinado.

4.1 Medição do ruído

Estes valores são dados na Tabela 1.

São seguidas as disposições da NBR 10151 e as demais normas ABNT correspondentes.

Tabela 1 - Valores dB(A) e NC

/ANEXO

A-1 O método de avaliação recomendado, baseado nas medições do nível sonoro dB(A), é dado nesta Norma; todavia, a análise de frequências de um ruído sempre é importante para objetivos de avaliação e adoção de medidas de correção ou redução do nível sonoro. Assim sendo, incluem-se na Figura várias curvas de avaliação de ruído (NC), através das quais um espectro sonoro pode ser comparado, permitindo uma identificação das bandas de frequência mais significativas e que necessitam correção.

A-1.1 As curvas NC são dadas na Figura e os níveis de pressão sonora correspondentes estão na Tabela 2.

A-1.2 A análise das bandas de oitava do ruído na gama de 63 Hz a 8.000 Hz deve ser determinada com filtros que obedeçam

à IEC 225.

A-1.3 Na utilização das curvas NC, admite-se uma tolerância de ± 1 dB, com relação aos valores (ver Figura 33 do trabalho e Tabela 2 da norma).

Fonte: Manual Ashrae Volume Sistemas Capítulo 35 - 1980

Tabela 2 - Níveis de pressão sonora correspondentes às curvas de avaliação (NC)

Curva	63 Hz dB	125 Hz dB	250 Hz dB	500 Hz dB	1 kHz dB	2 kHz dB	4 kHz dB	8 kHz dB
15	47	36	29	22	17	14	12	11
20	50	41	33	26	22	19	17	16
25	54	44	37	31	27	24	22	21
30	57	48	41	36	31	29	28	27
35	60	52	45	40	36	34	33	32
40	64	57	50	45	41	39	38	37
45	67	60	54	49	46	44	43	42
50	71	64	58	54	51	49	48	47
55	74	67	62	58	56	54	53	52
60	77	71	67	63	61	59	58	57
65	80	75	71	68	66	64	63	62
70	83	79	75	72	71	70	69	68