

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo

Pedro Nunes de Oliveira Júnior

Desempenho acústico das janelas de hospitais localizados em
São Paulo

São Paulo
2006

Pedro Nunes de Oliveira Júnior

**Desempenho acústico das janelas de hospitais localizados em
São Paulo**

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. Geraldo Gomes Serra

**São Paulo
2006**

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.


Pedro Nunes de Oliveira Júnior

[arqpedrooliveira@yahoo.com.br]

Oliveira Júnior, Pedro Nunes de
Desempenho acústico das janelas de hospitais localizados em São Paulo / Pedro Nunes de Oliveira Júnior – São Paulo, 2006.
258 p.: il.

Dissertação (Mestrado – Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAU/USP
Orientador: Geraldo Gomes Serra

1. Hospital (Arquitetura) 2. Acústica Arquitetônica 3. Janelas 4. Avaliação de Desempenho (Arquitetura) I. Título

CDD – 725.51

FOLHA DE APROVAÇÃO

Pedro Nunes de Oliveira Júnior

“Desempenho acústico das janelas de hospitais localizados em São Paulo”

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. **Geraldo Gomes Serra**

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

Assinatura

Prof.(a) Dr.(a)

Instituição

Assinatura

Prof.(a) Dr.(a)

Instituição

Assinatura

Dedico este trabalho...

a todos que realizam pesquisa nos hospitais, buscando com isto, criar recursos para um aumento contínuo da qualidade dos espaços, visando melhores condições de uso e atendimento para seus usuários, os pacientes.

... agradeço a:

Pedro e Rita	pai e mãe
Gabriela, Rizza e Ciro	irmãs e irmão
Ana e João	sobrinha e sobrinho
Leonísia e Zuila (<i>in memoriam</i>)	avós
Geraldo Serra	orientador e amigo
Cristina e Bá	parceiros de bobagem
Colmeia	colegas e funcionários
Marcos Donizete e Claudia Ruberg	colegas de trabalho
Roberta Kronka e Ualfrido Del Carlo	professora e professor
Bete Andrade, Luiza Yabiku e Carla Roig	amigas da FAU
Roberto Simões e Claudia Terezinha	pela orientação e apoio
Patrícia Trinta	meu bem...
Fernanda Pereira	minha irmã chata
Ivo e Tatyana	irmão e irmã do coração
Luís e Michelle, Arnaldo e Diana	amigos
Flávio e Helena	co-orientadores
Denis e Aline	vizinhos
Hospitais e pacientes	oportunidade e compreensão
NUTAU - USP	espaço de trabalho
LABAUT – FAU	equipamentos
LAMI – ECA e NAEF - USP	apoio

FAPEMA (pelo apoio financeiro)

Timoneiro

Não sou eu quem me navega
Quem me navega é o mar
Não sou eu quem me navega
Quem me navega é o mar
É ele quem me carrega
Como nem fosse levar
É ele quem me navega
Como nem fosse levar

E quanto mais remo mais rezo
Pra nunca mais se acabar
Essa viagem que faz
O mar em torno do mar
Meu velho um dia falou
Com seu jeito de avisar:
- Olha, o mar não tem cabelos
Que a gente possa agarrar

Não sou eu quem me navega
Quem me navega é o mar
Não sou eu quem me navega
Quem me navega é o mar
É ele quem me navega
Como nem fosse levar
É ele quem me navega
Como nem fosse levar

Timoneiro nunca fui
Que eu não sou de velejar
O leme da minha vida
Deus é quem faz governar
E quando alguém me pergunta
Como se faz pra nadar
Explico que eu não navego
Quem me navega é o mar

Não sou eu quem me navega
Quem me navega é o mar
Não sou eu quem me navega
Quem me navega é o mar
É ele quem me navega
Como nem fosse levar
É ele quem me navega
Como nem fosse levar

A rede do meu destino
Parece a de um pescador
Quando retorna vazia
Vem carregada de dor
Vivo num redemoinho
Deus bem sabe o que ele faz
A onda que me carrega
Ela mesma é quem me traz

RESUMO

OLIVEIRA JÚNIOR, Pedro Nunes de - **Desempenho acústico das janelas de hospitais localizados em São Paulo**. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2006.

O ruído de tráfego veicular apresenta-se como um dos principais problemas gerados pela intensa urbanização das cidades, sobretudo nas grandes metrópoles. De fato, esta situação afeta parcela considerável da população, causando incômodo e reflexos no estado de saúde físico e mental. O município de São Paulo, que atualmente possui uma população de aproximadamente 12 milhões de pessoas, detém sem dúvida, a maior quantidade de hospitais de todo o Brasil, sendo que muitos destes estão localizados próximos a vias de tráfego intenso. Esta proximidade, do edifício em relação ao trânsito de veículos, transfere para a fachada parte da responsabilidade em isolar acusticamente os ambientes internos. Assim, quartos e enfermarias do setor de internação, onde habitualmente os usuários deste tipo específico de edificação passam a maior parte do tempo, são afetados pelo problema do ruído urbano, pois em muitos casos, o componente “janela” não apresenta desempenho acústico adequado, isto é, não propicia um abatimento satisfatório do ruído, visto que na composição da fachada, este componente é o mais sensível à passagem do ruído. Desse modo, esta pesquisa apresenta resultados de ensaios de campo realizados em hospitais localizados na cidade de São Paulo, onde procedemos a medições baseadas na Norma NBR 10829 (Caixilho para edificação – Janela – Medição da atenuação acústica) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), utilizando as janelas aplicadas em quartos ou enfermarias de hospitais sediados em São Paulo, visando com isto, a produção de uma avaliação de desempenho acústico dos casos selecionados.

Palavras-chave: Desempenho acústico, janelas e hospitais.

ABSTRACT

OLIVEIRA JÚNIOR, Pedro Nunes de – **Acoustic performance of the windows of located hospitals in São Paulo**. Dissertation (Master's degree) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismos da Universidade de São Paulo, 2006.

The noise of transport traffic comes as one of the main problems generated by the intense urbanization of the cities, above all in the great metropolises. In fact, this situation affects considerable portion of the population, causing uncomfortable and reflexes in the physical and mental health condition. The municipal district of São Paulo, that now possesses a population of approximately 12 million people, possesses without a doubt, the largest amount of hospitals of the whole Brazil, and many of these are located close to road of intense traffic. This proximity, of the building in relation to the traffic of vehicles, transfers for the facade leaves of the responsibility in isolating the internal environment acoustically. Like this, rooms and wards of the internment section, where habitually the users of this specific type of construction pass most of the time, they are affected for the problem of the urban noise, because in many cases, the component "window" it doesn't present appropriate acoustic performance, that is, no favorable a satisfactory reduction of the noise, because in the composition of the facade, this component is the most sensitive to the passage of the noise. This way, this research presents results of field rehearsals accomplished at located hospitals in the city of São Paulo, where we proceeded to measurements based in standard NBR 10829 (Façade elements and façades in buildings – Measurement of airborne sound insulation – Method of test) of the Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), using the applied windows in rooms or infirmaries of headquartered hospitals in São Paulo, seeking with this, the production of an evaluation of acoustic performance of the selected cases.

Key-words: Acoustic performance, windows and hospitals.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: População residente na região metropolitana e município de São Paulo...	037
Gráfico 2: Porcentagem tratamento de esgoto domestico no Estado de São Paulo...	038
Gráfico 3: Emissões relativas de poluentes por tipo de fontes – 2005.....	040
Gráfico 4: Veículos cadastrados no DETRAN de São Paulo.....	041
Gráfico 5: Velocidade média no transito de São Paulo.....	041
Gráfico 6: Nível de ruído nas principais cidades do mundo.....	042
Gráfico 7: Nível de ruído em algumas ruas e avenidas de São Paulo.....	043
Gráfico 8: Níveis de ruído medidos durante o dia em hospitais.....	045
Gráfico 9: Esquema metodológico.....	056
Gráfico 10: Percepção do ruído mais incômodo, segundo moradores.....	073
Gráfico 11: Medição de níveis de ruído numa unidade de internação.....	079

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Atenuação do ruído pelo afastamento do hospital da fonte sonora.....	083
Figura 2: Esquema de propagação de ruído gerado pelo tráfego de veículos.....	088
Figura 3: Esquema de composição de avaliação de desempenho.....	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Coleta de lixo segundo origem, município de São Paulo – 1980,1991, 2000 a 2005.....	039
Tabela 2: Números de estabelecimentos de saúde.....	049
Tabela 3: Estabelecimentos de saúde com atendimento de internação.....	049
Tabela 4: Hospitais e leitos por rede Município de São Paulo, Subprefeituras e Distritos Municipais no ano de 2005.....	050
Tabela 5: Resumo da população americana exposta ao nível médio de ruído diário..	065
Tabela 6: Níveis de som em dB(A) medidos no Hospital das Clínicas da UFMG.....	078
Tabela 7: Valor de isolamento acústico de diversos materiais.....	087
Tabela 8: Tipos de vidro e seus respectivos CTS.....	098
Tabela 9: Valores dB(A) e NC.....	103
Tabela 10: Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A)...	104
Tabela 11: NCA para ambientes internos de um hospital, em dB(A).....	104
Tabela 12: Valor do isolamento acústico de diversos materiais.....	106
Tabela 13: Tabela de avaliação de Classe de Transmissão Sonora.....	107
Tabela 14: Sound Trabsmission Class (STC) de vidros aplicados na construção civil	143
Tabela 15: Quadro resumo das medições do Hospital A.....	157
Tabela 16: Quadro resumo das medições do Hospital B.....	157
Tabela 17: Quadro resumo das medições do Hospital C.....	158
Tabela 18: Quadro resumo das medições do Hospital D.....	159
Tabela 19: Codificação para aparelhagem.....	172

LISTA DE SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ASA	Acoustical Society of America
ASTM	American Society for Testing and Materials
ATV	Anuário de Tecnologia e Vidro
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CIB	Coesil International du Batiment
CO	Monóxido de Carbono
COBRACON	Comitê Brasileiro da Construção Civil
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONTRAM	Conselho Nacional de Trânsito
CNES	Cadastro Nacional de Estabelecimento de Saúde
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CRUSP	Conjunto Residencial da USP
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
CTSA	Classe de Transmissão Sonora Aérea
CUASO	Campos Universitário Armando Sales de Oliveira
DETRAN	Departamento de Trânsito
DME	Dispositivo para Microfone Externo
EAS	Estabelecimento Assistencial de Saúde
ECA	Escola de Comunicação e Artes – USP
EPA	Environmental Protection Agency
FAPESP	Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo
FAU	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
FSP	Faculdade de Saúde Pública da USP
HC	Hidrocarbonetos
HVAC	Heating, Ventilating, and Air-Conditioning
IBAMA	Inst. Brás. do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas

ISO	International Standard Organization
LABAUT	Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética
LAMI	Laboratório de Acústica Musical e Informática – USP
LIMPURB	Departamento de Limpeza Urbana
MP10	Partículas inaláveis
MTCJ	Manual Técnico de Caixilhos – Janelas
NBR	Norma Brasileira
NOx	Óxido de nitrogênio
NUTAU	Núcleo de Pesquisa em Tecnologia de Arquitetura e Urbanismo
OMS	Organização Mundial de Saúde (WHO)
ONU	Organização das Nações Unidas
PSIU	Programa Silêncio Urbano
PT	Perda de transmissão sonora
REM	Rapid Eyes Moviment
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SECOVI	Sind. das Emp. de Compra, Venda, Locação e Adm. de Imóveis Res. e Com.
SEMPLA	Secretaria Municipal de Planejamento
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil
SOx	Óxido de enxofre
SVMA	Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente
TR	Tempo de reverberação
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
USP	Universidade de São Paulo
UTI	Unidade de Tratamento Intensivo
WHO	World Health Organization (OMS)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	029
1 COLOCAÇÃO DO PROBLEMA.....	037
1.1 O problema da poluição sonora.....	042
1.2 Recursos e restrições.....	049
1.3 Objeto.....	054
1.4 Objetivo.....	055
2 METODOLOGIA.....	059
3 RUÍDO.....	059
3.1 Definição de ruído.....	059
3.2 Ruído urbano.....	061
3.3 Controle do ruído urbano.....	062
3.4 Ruído de tráfego de veicular.....	064
3.4.1 Fontes.....	066
3.4.2 Causas.....	067
3.4.3 Variações.....	068
3.4.4 Características.....	069
3.5 Ruído e saúde.....	069
3.5.1 Percepção do ruído e incômodo.....	072
3.5.2 Interferência do sono.....	073
3.6 Conclusões.....	075
4 CONFORTO ACÚSTICO HOSPITALAR.....	076

4.1 Ruído e hospital.....	076
4.2 Recomendações de projeto.....	080
4.2.1 Ruídos gerados externamente.....	081
4.2.1.1 Implantação.....	081
4.2.1.2 Forma.....	083
4.2.1.3 Paisagismo.....	083
4.2.1.4 Acessos.....	084
4.2.1.5 Configuração dos espaços.....	084
4.2.1.6 Fachada.....	085
4.2.2 Ruído gerado internamente.....	085
4.2.2.1 Equipamentos.....	085
4.2.2.2 Estrutura.....	086
4.2.2.3 Instalações.....	086
4.2.2.4 Acabamentos.....	086
4.2.2.5 Configuração dos espaços.....	087
4.3 Fachada e desempenho acústico.....	087
4.4 Conclusões.....	089
5 COMPONENTE JANELA.....	092
5.1 Tipos de janela.....	093
5.2 Caixilho.....	095
5.3 Vidro.....	096
5.4 Acessórios.....	098
5.5 Vedações.....	099

5.6 Manutenção	099
5.7 Especificação	100
6 NORMALIZAÇÃO	101
6.1 Normas ABNT	101
6.1.1 NBR 10830.....	101
6.1.2 NBR 10152.....	103
6.1.3 NBR 10151.....	104
6.1.4 NBR 12179.....	105
6.1.5 NBR 10821.....	106
6.1.6 NBR 10829.....	107
6.1.7 NBR 11957.....	108
6.1.8 Projeto da norma de desempenho.....	108
6.2 Normas ISO	111
6.2.1 ISO 6241.....	111
6.2.2 ISO 140-5.....	113
6.3 Normas ASTM International	113
6.3.1 ASTM E 966.....	114
6.3.2 ASTM E 1332.....	114
6.3.3 ASTM E 2235.....	115
7 LEGISLAÇÃO	116
7.1 Legislação federal	116
7.1.1 Código de Defesa do Consumidor.....	116
7.1.2 RDC nº. 50 de 21 de fevereiro de 2002 – ANVISA.....	117

7.1.3	Resolução nº. 001 de 08 de março de 1990.....	119
7.1.4	Resolução nº. 272 de 14 de setembro de 2000.....	120
7.2	Legislação municipal.....	120
7.2.1	Lei nº. 13.430, 13 de setembro de 2002.....	120
7.2.2	Lei nº. 13.885, 25 de agosto de 2004.....	121
7.2.3	Lei nº. 11.804.....	122
7.2.4	Lei nº. 11.780.....	122
7.2.5	Lei nº. 11.501.....	123
7.3	Conclusões.....	123
8	DESEMPENHO DA EDIFICAÇÃO.....	124
8.1	Avaliação de desempenho.....	125
8.2	Exigências humanas.....	127
8.3	Requisitos de desempenho.....	129
8.4	Crítérios de desempenho.....	130
8.5	Conclusões.....	131
9	ENTREVISTAS.....	133
9.1	Escritórios de arquitetura.....	134
9.1.1	Arquitetura de Hospitais Karman.....	135
9.1.2	Zanettini Arquitetura Planejamento Consultoria.....	137
9.1.3	L+ M Arquitetura GETS.....	139
9.1.4	Ronald de Góes Arquitetura e Urbanismo.....	140
9.1.5	Bross Consultoria e Arquitetura.....	140

9.2 Empresas.....	141
9.2.1 Profissionais da engenharia e manutenção hospitalar.....	143
9.3 Conclusões.....	145
10 SELEÇÃO DOS HOSPITAIS.....	146
10.1 Critérios de seleção.....	146
10.2 Procedimentos.....	146
10.3 Acesso aos hospitais.....	148
10.4 Conclusões.....	149
11 AVALIAÇÃO DO RUÍDO AMBIENTAL.....	150
11.1 Critérios de seleção.....	150
11.2 Recursos e restrições.....	150
11.3 Metodologia.....	151
11.4 Método de ensaio.....	152
11.4.1 Ensaio externo.....	152
11.4.2 Ensaio interno.....	153
11.4.3 Adaptações.....	154
11.5 Equipamentos.....	154
11.6 Avaliação.....	155
11.7 Resultados.....	156
11.7.1 Hospital A.....	156
11.7.2 Hospital B.....	157
11.7.3 Hospital C.....	158

11.7.4 Hospital D.....	158
11.8 Conclusões.....	159
12 ESTUDO DE CASOS.....	161
12.1 Recursos e restrições.....	161
12.2 Acesso aos hospitais.....	163
12.3 Ensaios de campo.....	164
12.3.1 Objetivo.....	164
12.3.2 Grandezas e índices.....	165
12.3.3 Equipamentos.....	165
12.3.4 Fonte de ruído.....	167
12.3.5 Espaço de medição.....	167
12.3.6 Captação do ruído.....	167
12.3.7 Geração do ruído-rosa.....	168
12.3.8 Procedimento.....	169
12.3.9 Composição das tabelas.....	171
12.4 Resultados.....	172
12.4.1 Hospital A.....	173
12.4.2 Hospital B.....	178
12.4.3 Hospital C.....	183
12.4.4 Hospital D.....	189
12.4.5 Hospital E.....	197
12.4.6 Hospital F.....	202
12.4.7 Hospital G.....	207

12.4.8 Hospital H.....	210
12.5 Avaliação dos ensaios.....	214
12.5.1 Procedimentos.....	214
12.5.2 Equipamentos.....	214
12.5.3 Caracterizações.....	215
12.5.4 Particularidades.....	216
12.5.5 Avaliação dos resultados.....	217
13 CONCLUSÃO.....	222
13.1 Critérios de avaliação.....	223
13.2 Diagnóstico.....	223
13.3 Proposições.....	225
13.4 Considerações finais.....	227
BIBLIOGRAFIA.....	231
ANEXOS.....	239