

# Análise e Comparação da Qualidade Acústica de Igrejas Católicas



Bolsista: Mateus Affonso Ferreira

Contato: mateus.affer@gmail.com

Orientadora: Stelamaris Rolla Bertoli

Contato: rolla@fec.unicamp.br

Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica - PIBIC

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq

Palavras-chave: Igrejas – Acústica – Qualidade Acústica

## Introdução

Igrejas são ambientes que apresentam características acústicas bastante complexas. Essa complexidade vem de seu formato, em geral um agrupamento de formas distintas destinados a diferentes finalidades como liturgia, música, cantos, entre outros que por si só já requereriam um tratamento acústico específico. Existem poucos estudos nacionais e internacionais realizados avaliando a qualidade acústica de igrejas, se comparados aos estudos relativos a teatros e auditórios. A maior parte desses estudos são focados geralmente nos tempos de reverberação e nível de ruído interno. Neste projeto de iniciação científica foram estudadas as características acústicas de duas igrejas importantes de Campinas, a fim de se conhecer seu desempenho acústico.

## Metodologia

As medições acústicas foram realizadas empregando-se a técnica de resposta impulsiva de ambientes. O software Dirac da Bruel & Kjaer destinado a avaliação acústica de salas foi utilizado para calcular os parâmetros acústicos. A fim de permitir que os resultados obtidos possam ser comparados com outros seguindo os mesmos padrões foi utilizado um procedimento sugerido por Martelotta et al. (2008). Foram analisados cinco principais parâmetros acústicos: tempo de reverberação (TR), tempo de decaimento inicial (EDT), definição (D50), clareza (C80) e índice de transmissão de fala (STI), todos em função de frequência em bandas de 1/1 oitava.

## Objeto de Estudo

No trabalho realizado analisou-se as características acústicas de duas igrejas de grande importância para a cidade de Campinas: Igreja Santa Rita de Cássia e Basílica Nossa Senhora do Carmo. A Igreja Santa Rita de Cássia pode ser considerada como uma igreja moderna, tanto pela data de início de sua construção, 1957, quanto pelo seu estilo arquitetônico. Desde sua construção a edificação passou por diversas reformas, algumas inclusive com o objetivo de melhorar seu desempenho acústico. A Basílica Nossa Senhora do Carmo, apresenta estilo neogótico e foi inaugurada na forma como se vê hoje em meados de 1940, após ter sido construída sobre os fundamentos da matriz antiga feita de taipa de pilão, essa por sua vez, inaugurada em 1870. A Basílica e a praça Bento Quirino, localizada nas adjacências, constituem a cellula mater de Campinas, marco da fundação da cidade. Em 2003 a Basílica foi tombada pela CONDEPACC (Conselho de Defesa do Patrimônio Cultural de Campinas), junto com a Praça Bento Quirino.

## Resultados

Foram elaborados diversos gráficos e tabelas para a análise dos resultados, bem como a discussão sobre os valores obtidos e sua comparação com a literatura, representada na tabela 1. Os gráficos com os parâmetros acústicos TR, EDT, C80 e D50 em função das frequências, entre 63 a 8000 Hz, de cada igreja, estão apresentados nas figuras 1 e 2. Os valores mostrados em cada gráfico representam a média espacial dos receptores para os diferentes pontos de fonte. Nas tabelas 2 e 3 estão apresentados os valores medidos de STI para ambas as edificações. A tabela 4, correlaciona os valores desse parâmetro com sua qualidade.

Tabela 1. Parâmetros acústicos e sua abrangência típica

Aspecto	Descrição	Frequências Avaliadas (Hz)	Abrangência típica
Reverberação	RT (s)	500 - 1000	1s a 3s*
Decaimento Inicial	EDT (s)	500 - 1000	1s a 3s*
Definição	D50 (%)	500 - 1000	0,3 a 0,7*
Clareza	C80 (dB)	500 - 2000	-5 dB a +5 dB*

\* ISO, 2004

Tabela adaptada de: Martelotta e Cirillo (2006)

Tabela 2. Valores de STI para a Igreja Santa Rita de Cássia

Fonte	Receptores									
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
S1	0,75	0,61	0,44	0,38	0,37	0,39	0,39	0,43	0,38	0,38
S2	0,58	0,55	0,47	0,39	0,36	0,34	0,36	0,40	0,42	0,42
S3	0,53	0,53	0,42	0,39	0,41	0,44	0,37	0,48	0,38	0,33
S4	0,32	0,32	0,36	0,39	0,41	0,44	0,36	0,53	0,41	0,37
S5	0,38	0,36	0,49	0,49	0,5	0,47	0,37	0,44	0,52	0,43
S6	0,37	0,35	0,31	0,31	0,3	0,31	0,29	0,33	0,35	0,34

Tabela 3. Valores de STI para a Basílica Nossa Senhora do Carmo

Receptores	STI						
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
R1	0,45	0,44	0,43	0,49	0,52	0,31	0,27
R2	0,38	0,46	0,37	0,5	0,39	0,29	0,26
R3	0,33	0,33	0,33	0,38	0,4	0,39	0,32
R4	0,32	0,32	0,35	0,35	0,35	0,35	0,31
R5	0,28	0,32	0,32	0,31	0,32	0,46	0,34
R6	0,29	0,32	0,33	0,32	0,34	0,44	0,32
R7	0,29	0,27	0,27	0,29	0,29	0,58	0,40
R8	0,27	0,29	0,29	0,29	0,32	0,59	0,36
R9	0,25	0,27	0,26	0,25	0,29	0,41	0,43
R10	0,26	0,27	0,27	0,27	0,29	0,41	0,38
R11	0,24	0,27	0,23	0,24	0,27	0,35	0,43
R12	0,25	0,26	0,25	0,25	0,27	0,34	0,38
R13	0,24	0,25	0,25	0,24	0,32	0,39	0,38
R14	0,24	0,25	0,28	0,25	0,27	0,38	0,32
R15	0,51	0,25	0,45	0,26	0,32	0,28	0,28
R16	0,48	0,25	0,47	0,24	0,32	0,27	0,26

Tabela 4. Relação entre os valores de STI e sua qualidade

Intervalo (s)	Qualidade
0,00 a 0,30	Ruim
0,30 a 0,45	Pobre
0,45 a 0,60	Razoável
0,60 a 0,75	Bom
0,75 a 1,00	Excelente

## Conclusão

A Igreja Santa Rita apresentou resultados em sua maioria melhores que a Basílica do Carmo para todos os parâmetros acústicos e índice analisados: TR, EDT, C80, D50 e STI, ainda que fora da margem tida como ideal. Com sua arquitetura moderna e grande cúpula, a Igreja mostrou desempenho claramente superior à Basílica, que apresenta arquitetura neogótica e ausente de cúpula. Cabe ressaltar que a Igreja Santa Rita passou por reformas com o objetivo de melhorar seu comportamento acústico, certamente influenciando os resultados obtidos.

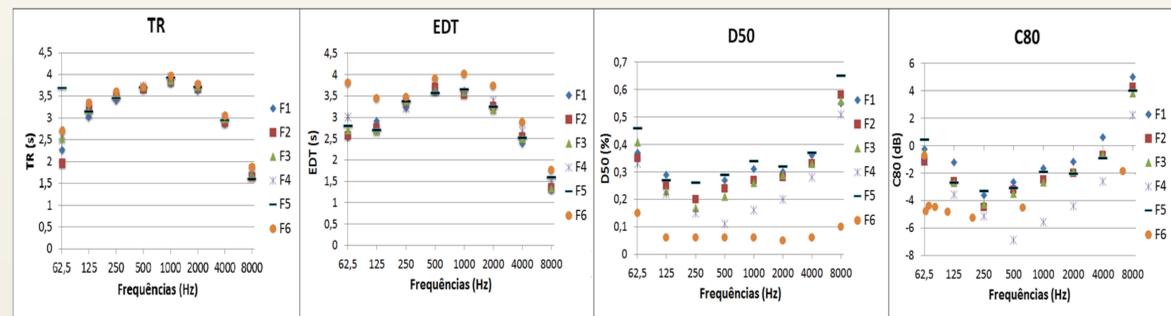


Figura 1. Gráficos de TR, EDT, D50 e C80 médios com relação às fontes para a Igreja Santa Rita de Cássia.

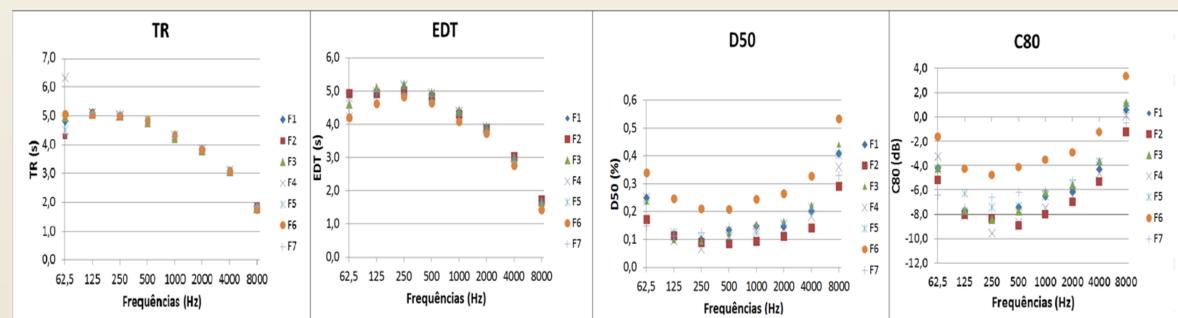


Figura 2. Gráficos de TR, EDT, D50 e C80 médios com relação às fontes para a Basílica Nossa Senhora do Carmo.

## Referências

MARTELLOTTA, F., Cirillo E. Worship, Acoustics and Architecture. UK, 2006.

MARTELLOTTA, F. et al. Guidelines for acoustical measurements in churches, Appl Acoust (2008), doi:10.1016/j.apacoust.2008.04.004