

“AVALIAÇÃO ACÚSTICA DE TEMPLOS RELIGIOSOS: O CASO DA IGREJA SAGRADO CORAÇÃO DE JESUS.”

Milena Jonas Bem (ra103164@uem.br) e Stefanie Lima Camarotto (ra103965@uem.br) (PIC/Uem), Doralice Aparecida Favaro Soares (Co-orientadora), Paulo Fernando Soares (Orientador)

Universidade Estadual de Maringá / Centro de Tecnologia / Maringá, PR.

Engenharia Civil – Construção Civil

Palavras-chave: Conforto Acústico; Acústica de Igrejas; Avaliação Acústica; Monitoramento Acústico; Templos Religiosos.

Resumo

Fala e música são as principais atividades desenvolvidas pelas Igrejas Católica, portanto, para que a mensagem seja transmitida de maneira efetiva ao ouvinte é essencial que estas edificações possuam bom condicionamento acústico. Assim sendo, esta pesquisa avaliou o desempenho da Igreja Sagrado Coração de Jesus, por meio de medições acústicas e teste de inteligibilidade da palavra. Avaliou-se parâmetros objetivos e subjetivos (Definição (D_{50}); Clareza (C_{80}), etc.), tempo de reverberação, relação sinal/ruído, parâmetros estatísticos (L_{10} , L_{50} , L_{90}), nível sonoro na nave e no entorno nos momentos de cultos, permitindo avaliar as interferências que a igreja causa também na comunidade vizinha. Ao final, foi revelado que assim como a Igreja influência no seu entorno, o entorno também interfere nas atividades da igreja. Em relação aos outros parâmetros avaliados, a igreja também demonstrou uma necessidade de medidas de correção para melhoria do desempenho acústico.

Introdução

Em sua grande maioria, as pesquisas realizadas na área de acústica de auditórios se enquadram na temática de salas de espetáculos e grandes auditórios, porém, entende-se por necessário e útil abordar o universo das igrejas, por ser um tipo de edificação com características arquitetônicas, acústicas e utilização muito específicas. Segundo Loureiro (2008), um dos maiores problemas dessa especificidade é o uso concomitante da palavra e da música, pois requerem diferentes exigências, o que torna complexa a obtenção de um adequado comportamento acústico global numa igreja. Em um auditório destinado a palavra falada, o objetivo é garantir que o discurso seja facilmente compreendido pelos ouvintes, por outro lado, em uma sala de concertos, a situação é mais complexa, pois diferentes pessoas (músicos, atores, oradores, ouvintes) poderão ter opiniões distintas sobre o que seja uma “boa acústica” (BISTAFA, 2018). Nesse contexto, avaliou-se o desempenho acústico da Igreja Sagrado Coração de Jesus na cidade de Maringá (PR), Brasil, analisando se as escolhas do projeto da edificação em questão foram ou não assertivas no em relação ao desempenho acústico.

Materiais e métodos

A fim de atingir os objetivos propostos, esta pesquisa utilizou na etapa de medições acústicas a NBR 10152:2020 para as medições dos níveis de pressão sonora da nave, para o campo sonoro do entorno foi utilizada a NBR 10151:2020 e para as medições de tempo de reverberação (T_R) a ISO 3382-2:2008 através do método do ruído interrompido e a ISO 4870:1991 para o teste de inteligibilidade. Para isso utilizou-se de uma fonte dodecaédrica e um sonômetro da marca *Brüel & Kjaer*®, classe 1 e modelo *Hand-Held Analyzer* 2270. Para medir temperatura e a umidade relativa do ar utilizou-se um termo-higrômetro marca CEM®, modelo DT-321. A partir dos dados coletados por meio das medições e visitas *in loco*, desenvolveu-se as análises destes dados em planilha Microsoft Office Excel®. Além disso, também foram analisados os parâmetros estatísticos (L_{10} , L_{50} , L_{90}), parâmetros objetivos e subjetivos da acústica de auditórios e as curvas NC. Em relação ao T_R foi realizada a análise comparativa entre o T_R medido e o Tempo Ótimo de Reverberação calculado (T_{OR}) e depois com o que é recomendado pela NBR 12179:1992 e por Bistafa (2018).

Resultados e Discussão

Os resultados mais significantes para esta pesquisa foram da medição do campo sonoro do entorno:

Tabela 01 – Principais valores medidos.

Menor ponto	Maior ponto	Média total
55.83 dB	79.01 dB	67.20 dB

Dessa forma, comparando-se com o valor estabelecido pela lei COMPLEMENTAR Nº 218/98 que obedece às recomendações da ABNT NBR 10151:2019 - Item 4.15.1 – com limite de nível de pressão sonora de 55 dB para o dia, é possível observar que todos os pontos medidos ultrapassam o limite estabelecido, caracterizando assim a igreja como uma fonte de ruído para o entorno durante as celebrações. Além disso, os valores e horários mais significativos do Clima Acústico (L_{10} - L_{90}), onde os pontos que apresentam maiores valores, representam assim os momentos com maior variação repentina dos níveis sonoros, consequentemente maior incômodo.

Tabela 02 – Principais valores Clima Acústico

10h27min.	10h33min.	11h15min.
16.95	11.49	10.75

Buscando a análise da relação Sinal/Ruído, os resultados foram:

Tabela 03 – Resultados Relação Sinal/Ruído.

Pontos	LZeq	LAeq	Pontos	LZeq	LAeq
1b/1a	1.408895	0.96	4b/4a	0.86439	0.87
2b/2a	0.893029	0.82	5b/5a	0.850665	0.82
3b/3a	0.842345	0.84	6b/6a	0.889794	0.86

Com isso, é possível analisar que o maior resultado dessa relação se deu na medição entre o ponto 1a (o mais próximo da avenida que passa em frente à igreja), e o ponto 1b (dentro da igreja), o que ressalta a influência do ruído gerado nesta avenida sob a igreja. Por outro lado, nos demais pontos teve-se uma proximidade nos resultados desta relação.

Em relação ao Tempo de Reverberação foi analisado a comparação entre a diferença entre valores do Tempo Ótimo de Reverberação (T_{OR}) e do tempo de reverberação medido (T_R), em duas posições diferentes de fonte.

Tabela 04 – Tempo de reverberação medido x T_{OR} no altar

TEMPO DE REVERBERAÇÃO MEDIDO x TOR								
ALTAR	Frequências							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T20	4.97	2.94	3.48	3.90	3.71	2.88	2.77	1.86
T30	4.97	2.92	3.50	3.85	3.71	2.90	2.76	1.88
TOR igreja católica	3.13	2.51	2.03	1.72	1.60	1.58	1.57	1.55
Desvio padrão	1.06	0.24	0.84	1.24	1.22	0.75	0.69	0.19

Tabela 05 – Tempo de reverberação medido x T_{OR} no ambão.

TEMPO DE REVERBERAÇÃO MEDIDO x TOR								
AMBÃO	Frequências							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
T20	3.71	2.77	3.75	3.96	3.76	2.95	2.76	1.87
T30	4.23	2.81	3.68	3.91	3.71	2.94	2.78	1.90
TOR igreja católica	3.13	2.51	2.03	1.72	1.60	1.58	1.57	1.55
Desvio padrão	0.55	0.16	0.97	1.28	1.23	0.79	0.70	0.19

Nestas duas tabelas é possível analisar que nenhuma das duas posições de fonte o T_R medido atendeu ao T_{OR} , sendo que as piores situações encontradas estão principalmente nas médias freqüências.

Outro resultado importante dessa pesquisa foi análise dos valores do teste de inteligibilidade através da porcentagem geral e da Articulação Pa.

Tabela 06: Porcentagem geral e Articulação Pa.

	ALTAR SEM REFORÇO SONORO	ALTAR COM REFORÇO SONORO	AMBÃO SEM REFORÇO SONORO
Média palavras certas	79.78	78.8	80.6
Média palavras certas (%)	96.12%	94.91%	97.05%
Pa Médio (%)	96.47	93.80	97.83

Dessa maneira, a inteligibilidade da fala foi considerada adequada pois os valores estão acima dos 85% recomendado por Silva (2005), classificando-a como excelente

Além disso, é importante pontuar os resultados dos parâmetros objetivos, calculados a partir dos resultados das medições. Observou-se que a igreja possui uma maior inteligibilidade da música do que para a fala, mas que não se enquadrou em nenhuma das frequências ao recomendado por norma ou por bibliografias. Ademais, para analisar os parâmetros subjetivos foram feitas as correlações com os parâmetros objetivos e com isso, foi considerado satisfatório em termos de Vivacidade e insatisfatório em termos de Calor e Inteligibilidade. Por fim, em relação as Curvas NC, segundo a NBR 10152:2017, os resultados poderiam chegar até ao máximo na Curva NC 35 – já com a tolerância admitida de até 5 -, porém a igreja se enquadrou na NC 40, de forma que a mesma não está de acordo com a norma para conforto acústico.

Conclusão

Por meio dos resultados foi possível concluir que a igreja se classifica como emissora de ruído para o entorno, da mesma forma que o entorno prejudica acusticamente a igreja. Além disso, o Tempo de Reverberação apresentou-se muito acima do determinado para templos religiosos através da NBR 12179:1992, com uma diferença do dobro do ideal nas médias frequências.

Por outro lado, a inteligibilidade da palavra mostrou-se satisfatória nos três ensaios realizados e classificou-se como excelente segundo os parâmetros de Silva (2005).

Diante desses resultados, ficou evidente a dificuldade de adequar acusticamente a igreja, principalmente considerando a inviabilidade financeira, sendo possível, porém melhorar o condicionamento através de algumas ações pontuais como troca de materiais para aumento de superfícies absorvedoras. Por fim, é de extrema importância destacar que a melhor maneira de garantir um bom desempenho acústica é por meio do planejamento desde o início do projeto.

Agradecimentos

Agradecimentos ao Professor Dr. Paulo Fernando Soares por todo o apoio e dedicação em suas orientações. A todos que contribuíram direta e indiretamente no processo desta pesquisa.

Referências

- BISTAFÁ, Sylvio R., **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 3^a. Ed. São Paulo: Blucher, 2018.
- LOUREIRO, José Pedro Gomes et al. **Metodologia multi-critério para análise da qualidade acústica em igrejas**. 2008.
- ISO. **Medição de parâmetros de acústica de salas: Salas de espetáculo. 3382-1**. Rio de Janeiro. 2017.



ISO. A construção e calibração de testes de inteligibilidade de fala.4870. 1991

ISO. Descrição e medição do ruído ambiental - Parte 2: Aquisição de dados pertinentes ao uso do solo. 1996/2. 1987.