

Igreja de São Miguel Arcanjo das Missões Jesuíticas: Influência das Posições do Coro nos Parâmetros Acústicos

PIRES, J.R.¹; CHAVES, N.P.¹; NUNES, M.F.O.¹; PATRÍCIO, J.V.²

¹Instituto Tecnológico em Desempenho e Construção Civil - itt Performance, UNISINOS, São Leopoldo, Brasil, josianerp@unisinos.br; npchaves@unisinos.br; mariaon@unisinos.br

²Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC, Lisboa, Portugal, jpatricio@Inec.pt

Resumo

Nas últimas décadas a valorização do patrimônio cultural tem refletido a crescente preocupação com a conservação de valores históricos. No entanto, nem sempre as características acústicas têm sido consideradas como um dos valores a serem resgatados e, nesse contexto, as igrejas e catedrais podem ser interpretados como importantes símbolos dos valores de determinada época. A Redução de São Miguel Arcanjo integra um conjunto de ruínas dos Sete Povos das Missões, uma das principais marcas das missões Jesuíticas e do Barroco Europeu da Península Ibérica integrado à cultura indígena do sul do Brasil. Atualmente em ruínas, a recuperação das estruturas iniciou em 1925, sendo declarado patrimônio Mundial pela UNESCO em 1983. O objetivo desse trabalho é realizar a reconstrução acústica da igreja de São Miguel Arcanjo através de simulação computacional. A implementação do modelo 3D foi realizada considerando-se a organização litúrgica relatada em registros históricos. Utilizou-se o software CATT-Acoustic v9.0c e analisou-se comparativamente quatro diferentes hipóteses de posicionamento do coro e as respectivas alterações nos parâmetros EDT, D50, C80 e STI. Os resultados dos parâmetros indicam que a qualidade na comunicação verbal é melhor nos espaços destinados às autoridades civis, na nave central próximo ao altar. Ficou evidenciado na análise comparativa dos parâmetros acústicos das quatro hipóteses de posicionamento de coro, a hierarquia social utilizada para a ocupação das naves central e laterais o que também corresponde a diferentes níveis de percepção sonora.

Palavras-chave: Acústica arquitetônica. Reconstrução acústica. Igreja de São Miguel das Missões.

1. Introdução

As igrejas barrocas no Brasil constituem importantes valores culturais, que marcam a história do barroco-rococó trazido de Portugal e implantado na construção de igrejas que incorporaram algumas adaptações regionais (CARVALHO; ROLLA, 2008).

O programa evangelizador dos jesuítas na América do Sul incluiu a implantação de locais denominados Reduções Jesuíticas, compostos por espaços de moradias, de lazer e para o culto religioso, seguindo as tradições católicas europeias da época. A Igreja de São Miguel Arcanjo compunha uma das Reduções Jesuíticas na América do Sul, localizada no sul do Brasil, quando o território ainda era de domínio espanhol. Após diversas guerras e conseqüentes alterações de limites territoriais, a Redução de São Miguel passa a fazer parte do território brasileiro no início do século XIX (Figura 1) (CORONEL, 2000).

Figura 1: Alterações nos limites do sul do Brasil.



As Reduções Jesuíticas constituíam um espaço doutrinário de caráter sedentário, ou seja, aldeamentos onde os índios eram conduzidos aos bons costumes e à fé cristã. A Redução de São Miguel Arcanjo integra um conjunto de ruínas dos Sete Povos das Missões, uma das principais marcas das Missões Jesuíticas e do barroco europeu da Península Ibérica integrado à cultura indígena do sul do Brasil.

Atualmente em ruínas, a Igreja de São Miguel Arcanjo era composta por três naves separadas entre si por uma sequência de sete arcos. O teto, em madeira, era em forma de abóbada com vigamentos aparentes, e o transepto era coberto por uma cúpula, sobre a qual existia um telhado de seis águas. Seus onze altares, um na capela-mor, quatro no cruzeiro e seis nas naves laterais, eram ornamentados com talha dourada e policromada, estatuária e pinturas (Figura 2) (COSTA, 1941).

Figura 2: Igreja de São Miguel das Missões: vista externa e interna das ruínas.



Fonte: CORONEL, 2000.

A aldeia de São Miguel Arcanjo tornou-se ao longo dos anos a mais importante e populosa dos Sete Povos das Missões, chegando a ter quase sete mil pessoas. Contudo, atingido seu apogeu, as disputas entre Portugal, Espanha e as próprias Missões Jesuíticas, culminaram na Guerra Guaranítica, e a aldeia de São Miguel foi incendiada e despovoada em 1756 (MEIRA, 2008).

Após as guerras, a aldeia foi repovoada, e a igreja, após ter sua cobertura danificada por um incêndio, foi sumariamente restaurada, mas sem seguir os critérios de recuperação das características originais. Sendo assim, a cúpula, anteriormente de madeira, foi reerguida com tijolos e cal.

Um novo incêndio, ocasionado por um raio, ocorreu em 1789, sendo que, após a guerra ibérica por disputa de território, e a conquista da zona pelos portugueses, a igreja foi definitivamente abandonada. Outro raio a atingiu em 1886 e o telhado e a galilé desabaram (RODRIGUES, 2013). Muitas das pedras da Igreja foram removidas para serem utilizadas como material de construção e no início do século XIX a igreja foi completamente saqueada e o povoado abandonado. A recuperação das estruturas começou em 1925 e a igreja foi declarada patrimônio Mundial pela UNESCO em 1983 (MACHADO, 2007; MEIRA, 2008).

A Igreja de São Miguel Arcanjo, obra do padre João Batista Primoli, foi traçada em estilo

Barroco, com inspiração atribuída à Igreja de Gesù em Roma, e erguida em pedra arenito. Originalmente a Igreja era pintada de branco, utilizando-se a tabatinga, um barro esbranquiçado existente na região, e internamente era rica em ornamentos.

Em relação aos usos da Igreja de São Miguel Arcanjo, podem-se traçar algumas relações com os demais exemplares que correspondem ao mesmo período, pois a arquitetura da igreja cristã transformou seu *layout* conforme a forma e o uso do seu espaço de culto, concebido não apenas para o culto propriamente dito, mas também como lugar de memória, celebração e representação (HENRIQUE, 2007). Ao longo do tempo, os templos passaram por intervenções efêmeras (tapetes, cortinas, stands, etc.), principalmente nos dois séculos do Barroco (séculos XVII e XVIII). Nestas ocasiões, a absorção sonora, que pode ser determinada recorrendo ao Tempo de Reverberação (TR), aumentou significativamente nas igrejas e catedrais, contando ainda com a contribuição da presença de grande número de fiéis.

No entanto, a complexidade volumétrica e as variações da geometria interna que ocorreram ao longo da história impulsionadas por importantes avanços nos sistemas estruturais, trouxeram como consequências a falta de uniformidade na distribuição do som nos diferentes espaços ocupados pela congregação (CIRILLO; MARTELLOTTE, 2007).

Desta forma, as diferenças no TR são decorrentes do estilo arquitetônico da época, sendo que uma redução do TR foi constatada na época do barroco, devido ao aumento da ornamentação interna, com adornos em madeira entalhada e capelas laterais ricas em detalhes decorativos. Além desses fatores, o volume das igrejas construídas neste estilo foi reduzido, com a diminuição do pé direito e o encurtamento da nave (HENRIQUE, 2007).

Nessa época também ocorrem significativas alterações na música e nos gêneros musicais praticados nas igrejas, que contavam com a elevada reverberação interna para maior realismo e caráter original nos cultos.

O barroco nas missões jesuíticas teve um importante papel de atrair os índios guaranis para a fé e práticas cristãs, sendo por isso, identificadas algumas adaptações regionais não somente nos ornamentos, mas também nas organizações litúrgicas.

Todas essas alterações também acarretaram variações no posicionamento da fonte sonora (materializada no uso da palavra ou cânticos), o que torna o estudo de espaços em ruínas

bastante complexo. Além disso, a dificuldade em se encontrar dados específicos a respeito da suas características levaram a simplificações do processo para viabilizar estudos exploratórios.

Este estudo foi desenvolvido entre instituições do Brasil (Universidade Jesuíta Unisinos) e de Portugal (Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC). Realizou-se a reconstrução acústica da Igreja de São Miguel Arcanjo, com análises comparativas de diferentes hipóteses de posicionamento do coro e as respectivas alterações nos parâmetros EDT, D50, C80 e STI.

2. Método

O comportamento acústico do interior da Igreja de São Miguel Arcanjo foi realizado com *software*CATT- Acoustic v9.0c, para o cálculo de descritores acústicos, em bandas de oitava. Para a implementação do modelo simplificado em 3D foram consideradas as fontes sonoras pertinentes, os receptores e a geometria da sala. As superfícies planas desse modelo foram caracterizadas por sua capacidade de absorver e dispersar a energia do som incidente, tendo como dados característicos os coeficientes de absorção e de espalhamento.

O coeficiente de espalhamento é dominante nas altas frequências, exceto para superfícies maiores que 10 m de extensão. Segundo Vorländer (2008), detalhes com dimensões inferiores a 0,5 m são mais relevantes para estudos que incluem faixas de frequência com comprimento de onda de até 5 cm. Desta forma,

forma de utilização do espaço e de algumas das

as razões para se escolher uma faixa de frequências mais baixa seriam o conteúdo espectral predominante de fontes naturais acima de 7 kHz.

Conforme mencionado, a Igreja de São Miguel da Missões passou por significativas alterações em seu interior. Para este estudo, foram adotadas as considerações registradas por Meira (2008), Machado (2007) e Rodrigues (2013), que indicam que, antes da missa, as crianças cantavam no átrio em filas separadas por gênero, e depois entravam na igreja pelas portas principais. A nave central era ocupada pelas autoridades civis e atrás ficavam os rapazes e, aproximadamente dois metros atrás tanto na nave central com nas naves laterais, postavam-se as mulheres.

Os locais de posicionamento do coro considerados foram: no altar como um coro de orações, no altar como um coral, no mezanino e no átrio na porta de entrada principal, conforme a seguir (Figura 3).

Os coeficientes de absorção “ α ” e de espalhamento “ s ” utilizados neste estudo são expostos na Tabela 1. **Figura 1:** Modelo da simulação dos parâmetros acústicos na Igreja: Posição A – sacerdote e demais assistentes no altar principal durante a missa em atividade de fala; Posição B – coral no altar principal em atividade de canto; Posição C – coral no mezanino acima da entrada; e Posição D – crianças no átrio em filas.

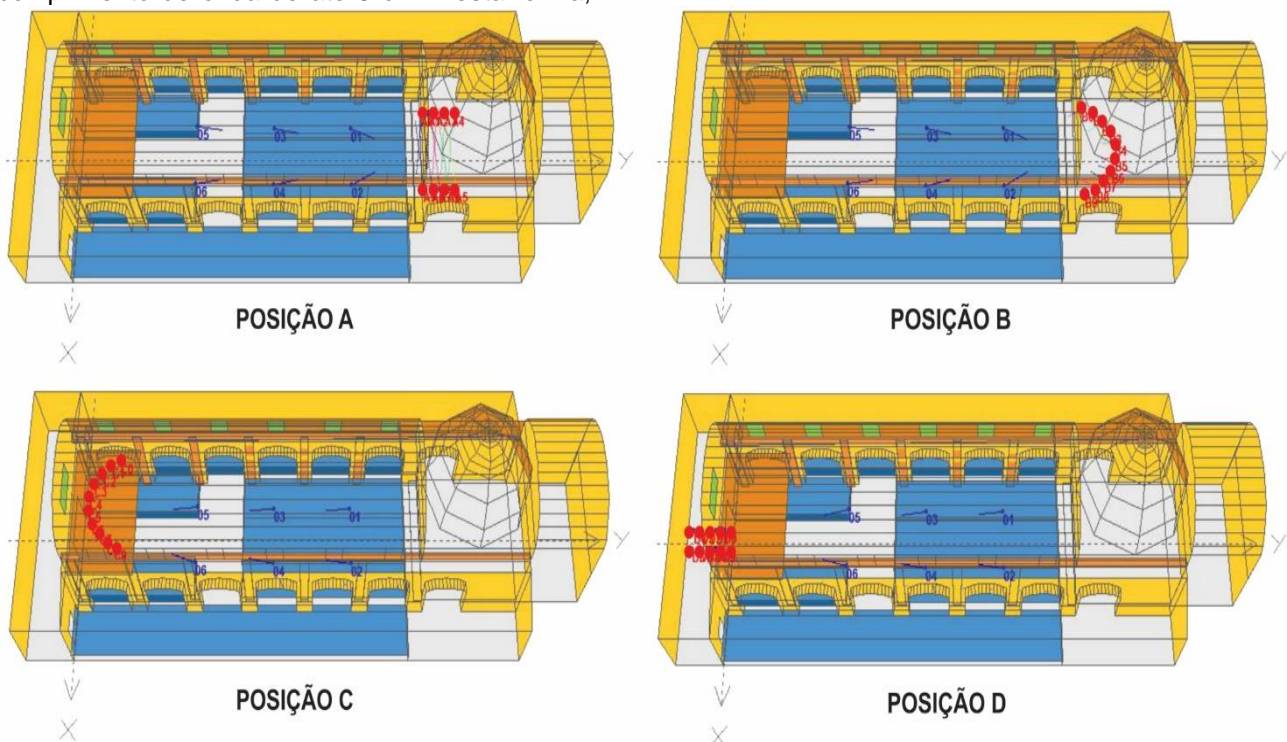









Tabela 1: Coeficientes de absorção “ α ” e de espalhamento “s”, por bandas de frequências.

Superfícies e Coeficientes		Bandas de frequência (Hz)						
		125	250	500	1k	2k	4k	
	Audiência superfície superior	α	50	60	70	80	80	80
		s	50	55	60	65	70	75
	Audiência superfície lateral	α	50	60	70	80	80	80
		s	50	55	60	65	70	75
	Madeira da cobertura	α	18	12	10	8	7	7
		s	30	40	50	60	70	80
	Argamassa área > 10m ²	α	6	6	6	8	9	10
		s	12	13	14	15	16	17
	Argamassa área < 10m ²	α	6	6	6	8	9	10
		s	20	24	26	32	36	40
	Madeira das janelas	α	20	15	10	8	7	7
		s	20	25	30	35	40	45
	Argamassa do piso	α	1	3	5	2	2	2
		s	12	26	39	53	66	80

Os coeficientes de espalhamento são definidos a partir de uma relação entre a área e a rugosidade da superfície exposta. Como um procedimento comum na simulação das catedrais, para as superfícies lisas e pouco decoradas, são atribuídos coeficientes de espalhamento que variam de 0,12, na banda de 125 Hz, até 0,17, na banda de 4 kHz, que incluem um aumento linear de 0,01 por banda de oitava. Para as superfícies decorativas são atribuídos coeficientes mais elevados, que variam linearmente de 0,20, na banda de 125 Hz, a 0,40, na banda de 4 kHz. Para demais elementos como, por exemplo, grandes esculturas e abóbadas são atribuídos valores entre 0,30, na banda de 125 Hz, até 0,80, na banda de 4 kHz. (ÁLVAREZ-MORALES *et al.*, 2014; VORLÄNDER, 2008)

As alturas definidas para este estudo foram de 1,20 m para os ouvintes, 1,70 m para os emissores adultos e 1,0 m para os emissores infantis.

Para as análises comparativas foram utilizados os seguintes parâmetros:

- C80: é uma relação entre a clareza percebida do som e a reverberação do ambiente. Esse parâmetro é especialmente indicado para análises de ambientes destinados à audição de música. (BARRON, 2010)
- STI: é um parâmetro utilizado para caracterizar a percepção da palavra e representa o quanto de distorção um som pode ter em um determinado ambiente, sendo indicado para definir a capacidade de compreensão de mensagens de voz. Os valores variam de 0 a 1, sendo que 1 define a inteligibilidade ideal. (PATRÍCIO, 2010)
- D50: é um parâmetro baseado na característica da audição para as reflexões que atinjam o receptor até 50 ms, depois da incidência do som direto. Essas reflexões são consideradas positivas e interpretadas como um suporte ao som direto. Esse parâmetro está diretamente correlacionado com a

- inteligibilidade da fala. (BARRON, 2010; CARVALHO; ROLLA, 2008)
- EDT: é a percepção subjetiva da reverberação e apresenta maior relação como decaimento inicial do que como restante do campo reverberante e está vinculado à percepção subjetiva de como o sinal transmitido parece ser transformado pela reverberação do ambiente (CARVALHO; ROLLA, 2008; PATRÍCIO, 2010).

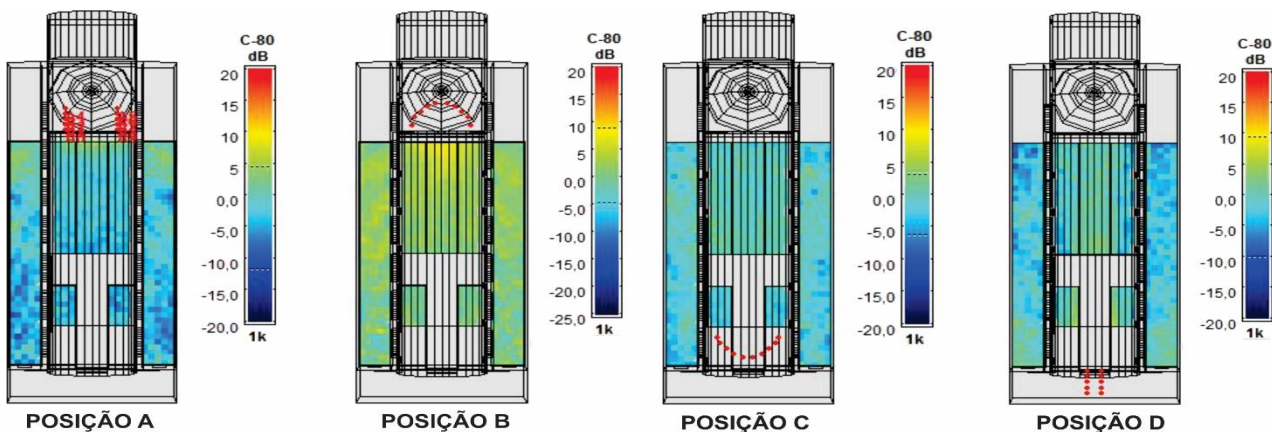
3. Resultados e Discussões

As Figuras 4 e 5 apresentam o mapeamento dos parâmetros C80 e STI a 1 kHz para as quatro

posições do coro. O parâmetro C80, que caracteriza os espaços com atividades musicais, apresentou faixas amplas de variação com valores entre 9 dB e -9 dB para o posicionamento das fontes sonoras na porta de entrada principal (Posição D) e de 5 dB a -6 dB para o posicionamento do coro no mezanino (Posição C), também localizado na entrada da Igreja.

Em relação ao parâmetro C80, as posições com os menores valores positivos, correspondem a uma distribuição decorrente da emissão sonora na direção do eixo longitudinal da Igreja de São Miguel Arcanjo. Nas áreas com visibilidade limitada, nas naves laterais, são encontrados os menores valores de C80 (Figura 4).

Figura 4: Simulação de C80 a 1 kHz para as quatro posições do coro.

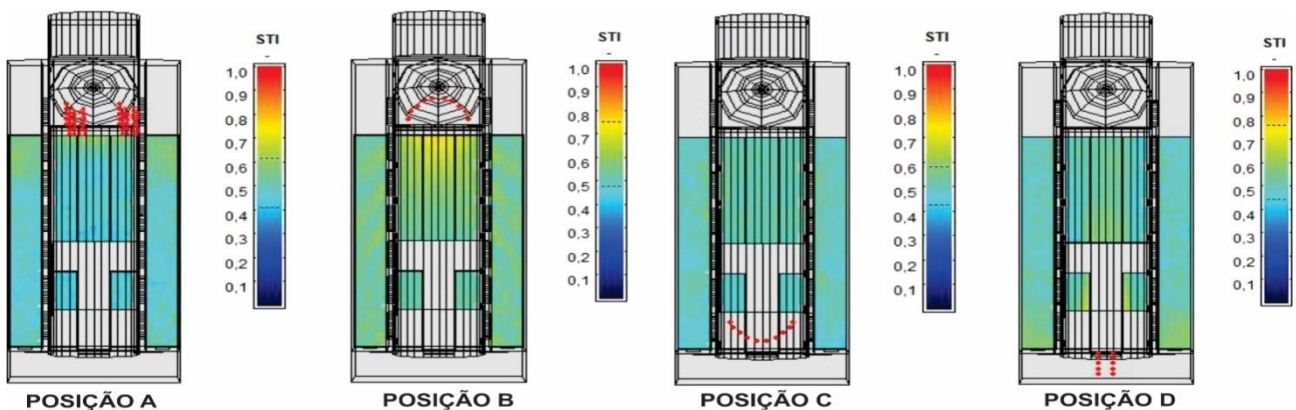


O índice STI, que caracteriza a percepção da palavra e indica se um determinado som será entendido com o mínimo de distorção possível, também apresentou maior distinção o posicionamento do coro no mezanino (Figura 5).

Os resultados de STI apresentaram maior relação com a influência das superfícies de reflexão e o direcionamento do som. Sendo que, com o coro

localizado no mezanino (Posição C), a possibilidade de distorção das informações verbais é maior. Em nenhuma das hipóteses de localização do coro o STI alcança valores que possam caracterizar uma elevada qualidade na inteligibilidade, sendo os melhores valores estimados para a posição do coro no altar principal, para as primeiras fileiras (Posição B).

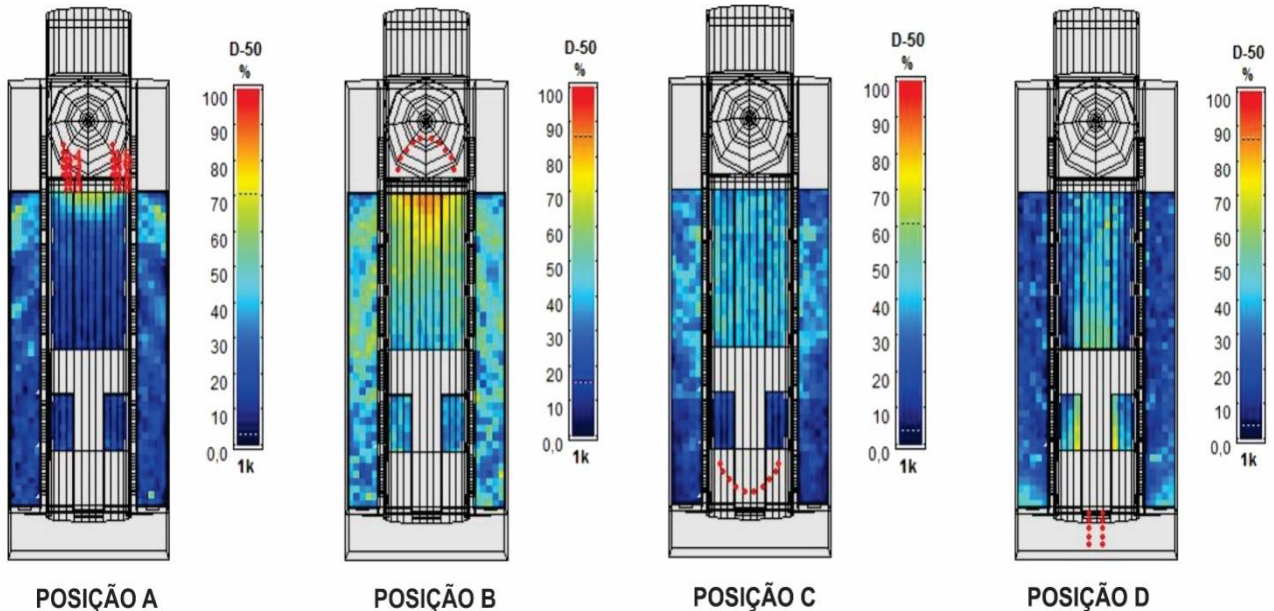
Figura 2: Simulação de STI para as quatro posições do coro.



O parâmetro D50, diretamente correlacionado com inteligibilidade da fala, é mais adequado para a localização do coro no altar principal, nas primeiras fileiras, destinadas às autoridades

(Posição B). No entanto, a definição sonora indicada por esse parâmetro é evidenciada nas últimas fileiras na situação de entrada das crianças (Posição D), conforme a Figura 6.

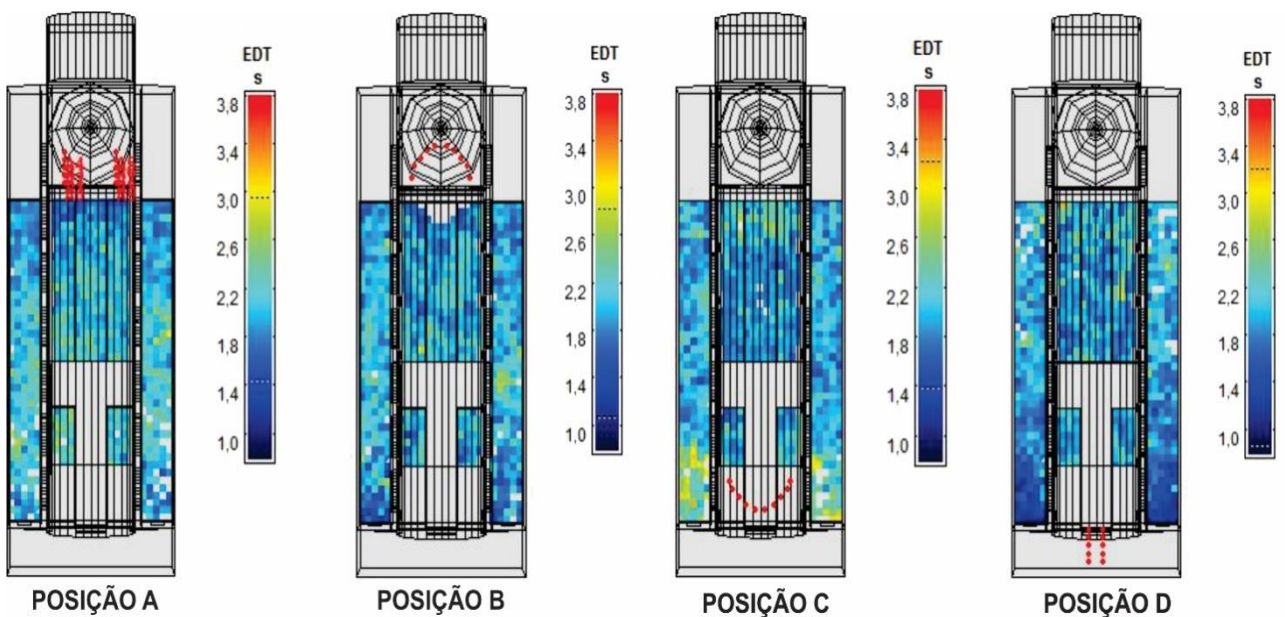
Figura 6: Simulação de D50 a 1 kHz para as quatro posições do coro.



O parâmetro EDT tem uma forte correlação com a sensação subjetiva da reverberação e é usado como o principal descritor da reverberação em espaços litúrgicos. Nas análises na banda de frequências de 1 kHz há o aumento na faixa de

variação do EDT para o coro localizado no mezanino (Posição C) em relação às outras hipóteses de posicionamento do coro assumidas para este estudo (Figura 7).

Figura 7: Simulação de EDT a 1 kHz para as quatro posições do coro.



Comparando-se os resultados da Posição A, o parâmetro C80 apresenta maior clareza, tanto na nave central quanto nas naves laterais, próximo ao altar. Contudo, o STI, assim como o D50, é maior nas naves laterais e na área das autoridades em frente ao altar que na nave central. Nesta posição de coro, o EDT concentra-se ao final do recinto, na área ocupada pelas mulheres. A Posição A se refere ao ato litúrgico, na época realizado em latim, e nas primeiras fileiras localizavam-se as autoridades que compreendiam o latim. A simulação indica que os valores obtidos de definição, clareza e inteligibilidade da fala são aceitáveis, mas não ideais, para o uso.

Assim como na Posição A, a clareza do som apresenta-se uniforme na Posição B, e as naves laterais apresentam redução da clareza, quando comparadas à nave central. A Posição B também apresenta maior definição do som, principalmente nas primeiras fileiras de ouvintes da nave central.

Já a Posição C é caracterizada pela fonte estar localizada no mezanino. Possivelmente, este fato esclarece os valores reduzidos de definição, clareza e inteligibilidade quando comparado às demais posições. O aumento da percepção da reverberação nesta posição pode ser considerado adequado,

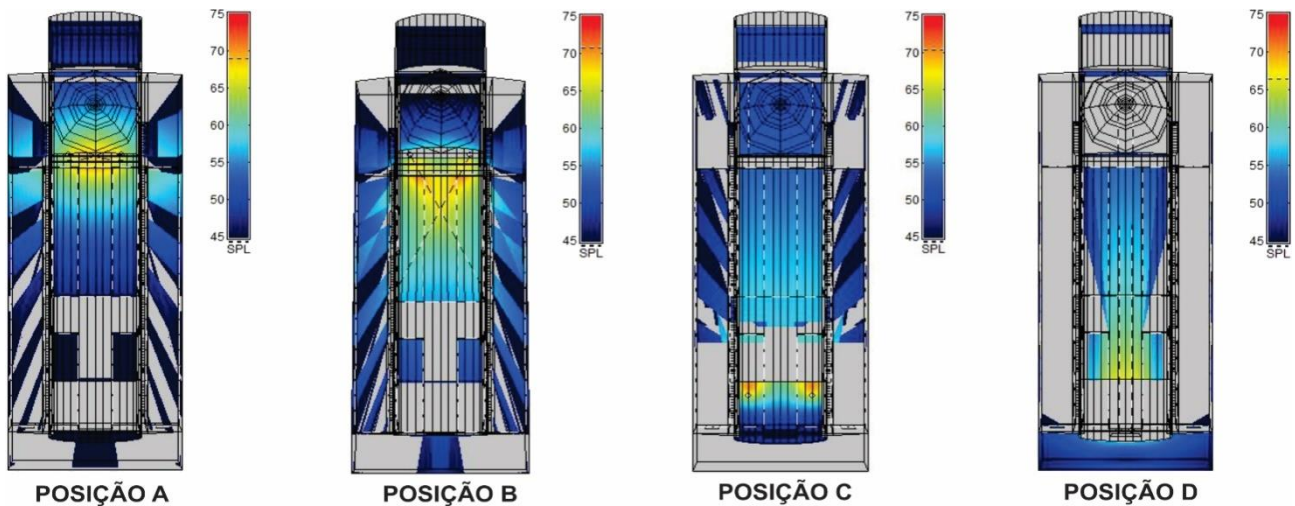
devido a sua importância para as atividades musicais.

O local destinado à ocupação das mulheres, espaço sobreposto pelo mezanino, apresentou melhores indicativos de qualidade acústica, para a posição do coro, na porta principal da Igreja.

Para as posições do coral, a clareza, inteligibilidade e definição do som são maiores quanto mais perto da fonte sonora está localizado o ouvinte. As áreas onde estariam localizadas as mulheres apresentam menor inteligibilidade do som e nos demais quesitos, clareza e definição, tanto esta área quanto a dos homens possuem valores semelhantes.

Na **Error! Reference source not found.** observa-se o sombreamento acústico nas quatro posições de coro analisadas. O sombreamento está estritamente ligado aos arcos que separam a nave central das naves laterais. Apenas na Posição D, caracterizado como coro infantil adentrando à Igreja, apresenta o maior sombreamento dentre as posições analisadas, provavelmente devido à baixa altura média da fonte sonora (1,00 m) e à altura média dos ouvintes (1,70 m).

Figura 8: Simulação do sombreamento para as quatro posições do coro.



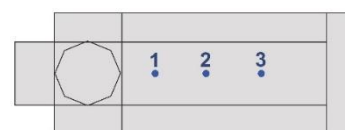
Uma análise qualitativa da percepção das reflexões do som também pode ser efetuada com base em séries temporais, para o som em campo direto e três ordens de reflexão.

As ordens de reflexão são resultado dos raios independentes para cada banda de oitava considerada. Essa reflexão depende da capacidade de reflexão difusa e da magnitude dos coeficientes de espalhamento de cada superfície.

Nas Figuras 13 a 16 pode-se analisar o tempo necessário, em milissegundos (ms), para as

reflexões da primeira a terceira ordem de um impulso sonoro a 1 kHz, atingirem três pontos de recepção na nave principal (Figura 9).

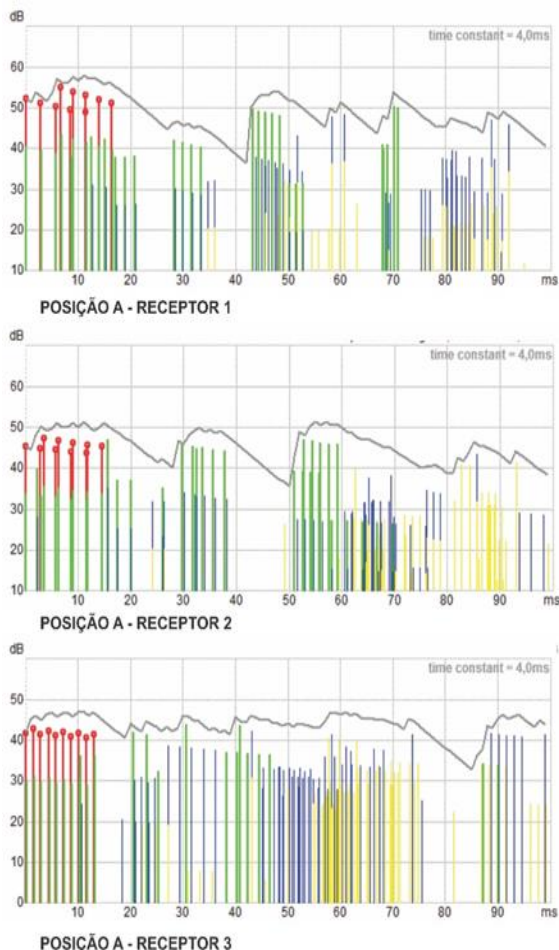
Figura 9: Pontos na nave central para estimativas temporais das reflexões.



Nesses gráficos o som direto está representado na cor vermelha, e nas cores verde, azul e amarela são,

respectivamente representações das reflexões de primeira, segunda e terceira ordens.

Figura 10: Série temporal das reflexões para a Posição A.



Para a posição do coro no altar, pode-se verificar uma estimativa de decaimento gradual das reflexões nos três pontos da nave central.

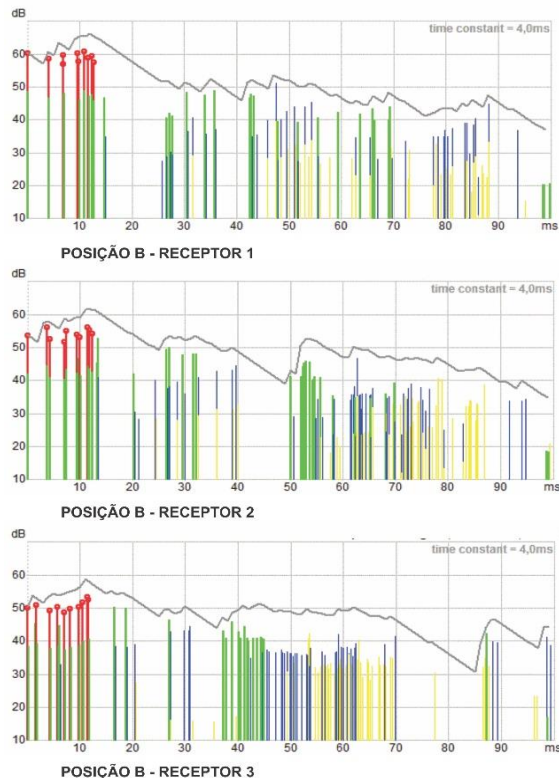
Na Posição C, as reflexões de segunda e terceira ordens são percebidas com um intervalo de tempo maior em relação ao som em campo direto (Figura 12).

Para a posição do coro de crianças, o tempo de incidência das reflexões até segunda ordem seria menor. No entanto, o atraso no tempo de das reflexões de terceira ordem ultrapassaria 50 ms no ponto 2 e seria maior que 80 ms no ponto 3 da nave central (Figura 13).

Para as posições do coro do lado oposto ao altar, estima-se que as reflexões na nave central da Igreja de São Miguel Arcanjo apresentem maiores diferenças entre os pontos de recepção sonora na nave central.

Na Posição C, as reflexões de segunda e terceira ordens são percebidas com um intervalo de tempo maior em relação ao som em campo direto (Figura 12).

Figura 11: Série temporal das reflexões para a Posição B.



Para a posição do coro de crianças, o tempo de incidência das reflexões até segunda ordem seria menor. No entanto, o atraso no tempo de das reflexões de terceira ordem ultrapassaria 50 ms no ponto 2 e seria maior que 80 ms no ponto 3 da nave central (Figura 13).

Figura 12: Série temporal das reflexões para a Posição C.

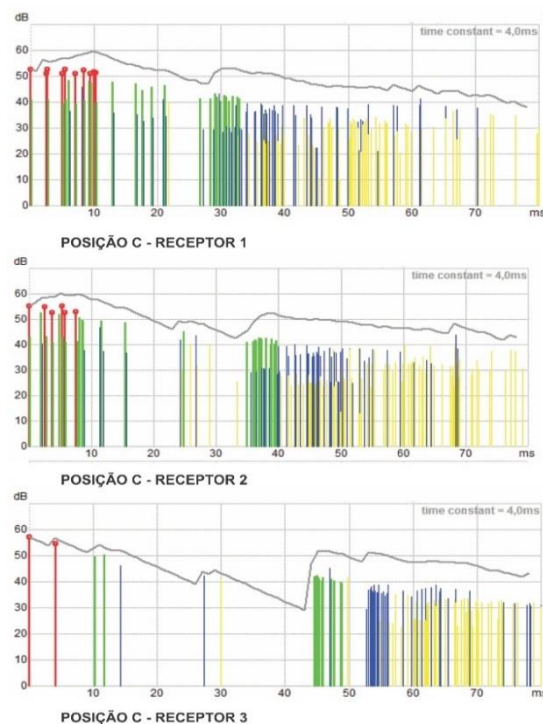
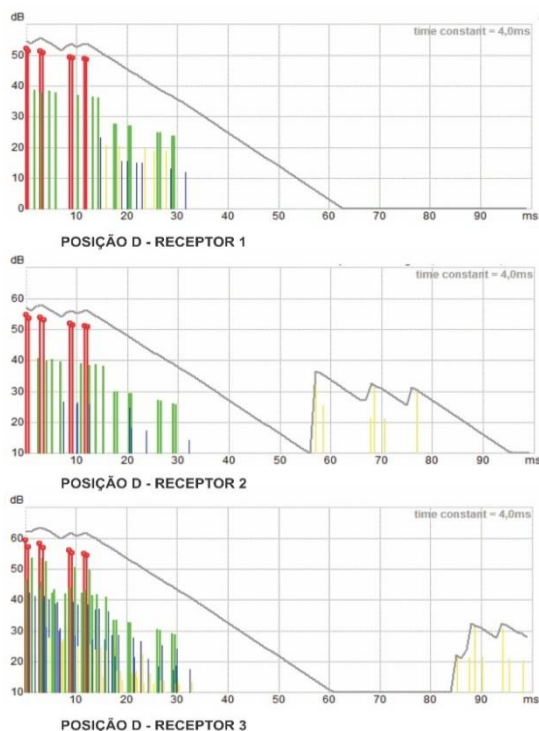


Figura 13: Série temporal das reflexões para a Posição D.



4. Considerações Finais

A Igreja de São Miguel Arcanjo possui grande valor cultural, sendo o mais bem preservado conjunto missionário do Sul do Brasil, e reconhecido como Patrimônio Histórico e Cultural da Humanidade pela UNESCO. Neste trabalho, buscou-se ampliar contexto de valorização do patrimônio cultural da Igreja, através da reconstrução de seu ambiente acústico.

Em função do estado atual de ruína da Igreja de São Miguel Arcanjo, além das significativas alterações formais e nos revestimentos internos, especialmente na cobertura, as análises possíveis são realizadas com base em simulações e estimativas fundamentadas em registros históricos.

No período barroco, as necessidades acústicas da igreja cristã eram diversas às atuais necessidades. O entendimento literal da palavra era praticamente desnecessário, salvo às primeiras fileiras de ouvintes. Já a dramaticidade e teatralidade nesses recintos eram mais valorizadas.

A Igreja apresentava baixa inteligibilidade, clareza e definição do som falado ou musical nas áreas destinadas às mulheres e aos homens de baixa hierarquia social. Contudo, apresenta uma adequada percepção sonora nas áreas onde os ouvintes eram autoridades civis. O posicionamento do coro que melhor atendeu os critérios de qualidade acústica para o uso da palavra foi no altar, tanto como coro quanto como espaço litúrgico,

sabendo-se que este espaço é de maior hierarquia nos cultos católicos e o mais utilizado dentro da Igreja como espaço de posicionamento de emissores sonoros.

Na análise comparativa dos parâmetros acústicos para quatro diferentes hipóteses de posicionamento do coro da Igreja de São Miguel Arcanjo ficou evidenciado que a hierarquia social utilizada para a ocupação das naves central e laterais também corresponde a diferentes níveis de percepção sonora. Nos espaços destinados às autoridades civis, na nave central próximo ao altar, os parâmetros que indicam a qualidade na comunicação verbal são melhores, pois nesses casos o coro estaria posicionado no altar principal. Para as hipóteses de posicionamento do coro mais relacionado às atividades musicais, no mezanino a na porta principal, é estimado que o local destinado às mulheres apresenta maior qualidade acústica para a percepção do som.

Devido à pouca informação encontrada em registros históricos, aos estudos realizados sobre a forma de uso da igreja e às conseqüentes alterações ao longo dos anos, novos estudos sobre a reconstituição acústica poderão ser desenvolvidos. Como, por exemplo, sobre o contexto histórico, e sobre outros posicionamentos do coro, utilização de instrumentos musicais, efeitos de ocupação, adição de mobiliário e variação nos materiais de revestimento, que poderão ser utilizados em futuras simulações.

Referências Bibliográficas

- [1] ÁLVAREZ-MORALES, L. et al. A methodology for the study of the acoustic environment of Catholic cathedrals: Application to the Cathedral of Malaga. **Building and Environment**, v. 72, p. 102–115, 2014.
- [2] BARRON, M. **Auditorium acoustics and architectural design**. New York: Spon Press, 2010.
- [3] CARVALHO, M.; ROLLA, S. Acústica de igrejas barrocas, arquitetura que faz a diferença. Proceedings. **Anais...** Buenos Aires: Federação Iberoamericana de Acústica - FIA, 2008.
- [4] CIRILLO, E.; MARTELLOTTE, F. Acoustics and Architecture in Italian Catholic Churches. Proceedings. **Anais...** Seville: International Commission for Acoustics, 2007.
- [5] CORONEL, L. **O Legado das Missões**. São Miguel das Missões: Prefeitura de São Miguel das Missões, 2000.
- [6] COSTA, L. Arquitetura dos Jesuítas no Brasil. **Revista do Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional**, n. 5, p. 105–169, 1941.
- [7] HENRIQUE, L. L. **Acústica musical**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2007.

[8] MACHADO, J. R. Povoado missioneiro: cenografia do Barroco a igreja o teatro e a vida. 2007. PUC RS, 2007.

[9] MEIRA, A. L. G. O patrimônio histórico e artístico nacional no Rio Grande do Sul no século XX: atribuição de valores e critérios de intervenção. 2008. 483 f. UFRGS, 2008.

[10] PATRÍCIO, J. V. **Acústica nos edifícios**. Lisboa: Verlag Dashöfer, 2010.

[11] RODRIGUES, P. N. Caracterização das argamassas históricas da ruína de São Miguel Arcanjo/RS. 2013. 142 f. UFSM, 2013.

[12] VORLÄNDER, M. **Auralization: Fundamentals of Acoustics, Modelling, Simulation, Algorithms and Acoustic Virtual Reality**. Berlin: Springer-Verlag, 2008.

Agradecimentos

- Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS – pelo apoio financeiro.